

Boden und Bauen

Beiträge zum Diskussionsforum Bodenwissenschaften

am 28. Oktober 2010

Hochschule Osnabrück

Fakultät Agrarwissenschaften & Landschaftsarchitektur

Master-Studiengang Bodennutzung und Bodenschutz

Heft 10

Impressum

Diskussionsforum Bodenwissenschaften, Heft 10 (2010):
Boden und Bauen

Herausgeber:

Fakultät Agrarwissenschaften & Landschaftsarchitektur

Hochschule Osnabrück

Am Krümpel 31

49090 Osnabrück

Telefon: 0541-969-5110

Telefax: 0541-969-5170

E-Mail: al@hs-osnabrueck.de

Internet: <http://www.al.hs-osnabrueck.de>

Redaktion und Layout:

Prof. Dr. Friedrich Rück (F.Rueck@hs-osnabrueck.de)

Prof. Dr. Olaf Hemker (O.Hemker@hs-osnabrueck.de)

Für den Inhalt der Einzelbeiträge zeichnen die Autoren verantwortlich

Vorwort

Das diesjährige Diskussionsforum Bodenwissenschaften an der Hochschule Osnabrück beschäftigt sich mit dem Thema „Boden und Bauen“.

Im ersten Block stehen der Umgang mit Bodenmaterial sowie Bodenschutz in den Betrieben des Garten- und Landschaftsbaus und die zunehmend an Bedeutung gewinnende Umweltbaubegleitung und Bodenkundliche Baubegleitung auf dem Programm. Zu diesen Themen wird sowohl über den Status Quo berichtet als auch die zukünftige Entwicklung beleuchtet.

Der zweite Schwerpunkt hat die sich ändernden Anforderungen an Bodenmaterialien und Abfälle bzw. Ersatzbaustoffe im Fokus, deren Einbau und Verwertung bislang durch die LAGA Mitteilung 20 sowie § 12 BBodSchV (nicht vollständig) geregelt sind. Die künftige Ersatzbaustoff-Verordnung, ein neuer § 12a BBodSchV und neue Bewertungsgrundlagen, u.a. aus Sicht des Grundwasserschutzes, werden vorgestellt. Diese Vorträge berichten über den aktuellen Diskussions-/Entwurfsstand der geplanten Verordnungen und ermöglichen einen Aus-Blick auf Entwicklungen, die bald in dieser (oder ähnlicher) Form Verbindlichkeit erlangen werden.

Herzlich bedanken möchten wir uns bei den Autoren der folgenden Fachbeiträge für Vortrag, Manuskript und Diskussionsbeiträge. Weiterhin gilt unser Dank der Hochschule Osnabrück - Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur für die Unterstützung zur Durchführung des Diskussionsforums Bodenwissenschaften.

Osnabrück, Oktober 2010

Prof. Dr.-Ing. Olaf Hemker
Prof. Dr. Friedrich Rück

Anschriften der Referenten

Dipl.-Ing. Bernhard Engeser	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Referat L 3.2, Grundwasser- und Abfallwirtschaft, Altlasten im GEOZENTRUM HANNOVER Stilleweg 2 D- 30655 Hannover E-Mail: bernhard.engeser@lbeg.niedersachsen.de
Prof. Dr. Olaf Hemker	Hochschule Osnabrück Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur Am Krümpel 31 D-49090 Osnabrück E-Mail: o.hemker@hs-osnabrueck.de
Dr. Dieter Koch	Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz Beethovenstr. 3 D-99096 Erfurt E-Mail: Dieter.Koch@TMLFUN.thueringen.de
Dipl.-Ing. Rolf Krämer	Planungsbüro Kortemeier Brokmann Landschaftsarchitekten Oststraße 92 D-32051 Herford E-Mail: kraemer@kortemeier-brokmann.de
Dipl.-Ing. Kay Pannenbäcker	Jungfernstieg 11 24960 Glücksburg E-Mail: upanne@versanet.de
Prof. Dr. Friedrich Rück	Hochschule Osnabrück Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur Am Krümpel 31 D-49090 Osnabrück E-Mail: r.rueck@hs-osnabrueck.de
Dipl.-Geol. Peter Spatz	solum, büro für boden + geologie Baslerstraße 19 D-79100Freiburg E-Mail: peter.spatz@solum-freiburg.de
Dr. Bernd Susset	Zentrum für Angewandte Geowissenschaften der Universität Tübingen Galgenbergstraße 70 D- 72072 Tübingen E-Mail: bernd.susset@ifg.uni-tuebingen.de
Dr. Jens Utermann	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Referat B 4.25: Bodennutzung, Bodenschutz, Bodenanalytik Stilleweg 2 D-30655 Hannover E-Mail: Jens.Utermann@BGR.de

Inhaltsverzeichnis

Umgang mit Bodenmaterial und Bodenschutz im Garten- und Landschaftsbau	1
<i>Prof. Dr. Friedrich Rück, Dipl.-Ing. Kay Pannenbäcker, Prof. Dr. Olaf Hemker</i>	
Bodenkundliche Baubegleitung – Leitfaden für die Praxis	20
<i>Dipl.-Geol. Peter Spatz</i>	
Entwicklung und Stand der geplanten gesetzlichen Änderungen im Bodenschutz und Abfallrecht	23
<i>Dr. Dieter Koch</i>	
Materielle Maßstäbe für die Ableitung der Prüfwerte des Pfades Boden - Grundwasser.....	37
<i>Dr. Jens Utermann</i>	
Fachliche Hintergründe zur Einstufung von Materialien beim Einbau in technische Bauwerke gemäß Ersatzbaustoff-Verordnung	47
<i>Dr. Bernd Susset</i>	
Konzept der „Einmischungszone“ zur Bewertung von Altlasten im Pfad Boden – Grundwasser .	70
<i>Dipl.-Ing. Bernhard Engeser</i>	

Umgang mit Bodenmaterial und Bodenschutz im Garten- und Landschaftsbau

Friedrich Rück, Kay Pannenbäcker, Olaf Hemker

1. Einleitung

Beim Einbau von Boden bzw. Bodenmaterial sind neben technischen Anforderungen auch Umweltaanforderungen zu berücksichtigen. Dies trifft auch zu, wenn Bodenmaterial zur Verwertung ansteht und z.B. bei der Herstellung von Substraten.

Böden können durch eine Reihe von Eingriffen in ihrer Leistungsfähigkeit beeinträchtigt oder sogar vollkommen unbrauchbar werden. Deshalb sind „schädliche Bodenveränderungen“ zu verhindern oder zu sanieren, falls bereits eingetreten. Außerdem sind Stoffeinträge in Gewässer zu vermeiden.

Dabei gilt der Grundsatz der „ordnungsgemäßen und schadlosen Verwertung“, das bedeutet:

- Ordnungsgemäß: im Einklang mit allen abfallrechtlichen Vorschriften
- Schadlos: keine Beeinträchtigung des Allgemeinwohls aufgrund der Abfallbeschaffenheit, der Schadstoffbelastung und der Verwertungsart

1.1 Mengen und Frachten

Folgende Abfallmengen stehen bundesweit zur Verwertung (ggf. Beseitigung) an:

- Kompostierung von Grün-/Gartenabfällen 4 Mio. t / a, Bioabfälle (Biotonne) 4 Mio. t / a
- Klärschlämme ca. 2,06 Mio. t TM/a (2006)
- Mineralische Abfälle 240 Mio. t/a, davon 140 Mio. t Boden und Steine, 73 Mio. t Bauabfall, 28 Mio. t Aschen und Schlacken. 70 % des Bauabfalls werden recycelt, der größte Teil des Bodenmaterials wird bei Verfüllungsmaßnahmen eingesetzt (Deutscher Bundestag, 2009).

Falls das Auf- oder Einbringen zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht beabsichtigt ist, darf u.a. max. 8 % Organische Substanz (O.S.) vorhanden sein. In Frage kommen z.B. Bodenaushub, Baggergut, Bauschutt, Schlacken etc. mit sehr heterogener Körnung und Zusammensetzung.

Bei Bodenmaterial und mineralischen Abfälle gelten die Regelungen des § 12 BBodSchV / LAGA M 20 (ausführlicher bei Koch 2010).

1.2 Zuordnung der Regelwerke (Anwendungsbereiche § 12 BBodSchV und LAGA M20)

Die Regelwerke § 12 BBodSchV und LAGA M 20 stehen gewissermaßen nebeneinander bzw. ergänzen sich in ihren Anwendungsbereichen. Deshalb ist im ersten Schritt zu entscheiden, wo Einbau bzw. Verwertung von (Boden)Material erfolgen soll (Abb.1).

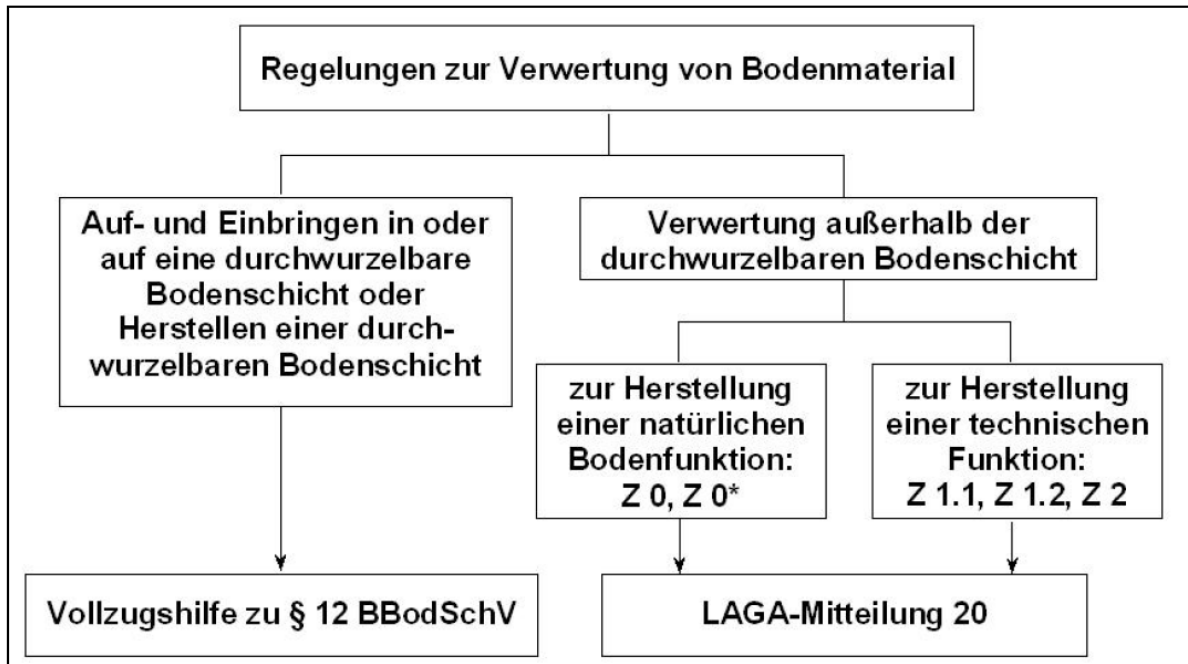


Abb. 1: Überblick über die Regelungen zur Verwertung von Bodenmaterial (aus: LAGA 2004, verändert)

1.3 § 12 BBodSchV - Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Materialien auf und in Böden

Basierend auf Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und Bodenschutzverordnung (BBodSchV) wurde eine Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV von verschiedenen Bund-Länder-Arbeitsgruppen der Bereiche Boden, Abfall, Wasser und Bergbau erarbeitet (LABO et al., 2002).

Diese trifft auch Festlegungen über die Mächtigkeit der durchwurzelbaren Bodenschicht, die Abgrenzung der zulässigen (Boden-)Materialien und die bedarfsgerechte Nährstoffzufuhr.

Die o.g. Vollzugshilfe enthält auf S. 33-37 eine ausführliche Muster-Checkliste zur Prüfung des Bodenmaterials und der Standorteigenschaften.

1.3.1 Relevanz für den Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau

Die Anforderungen des Bodenschutzes an Bodenmaterialien zur Verfüllung und für Vegetationsbauten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Bei Bodenauftrag und dem Einbau von Bodenmaterialien für Vegetationsbauten sind die Vorgaben des § 12 BBodSchV einzuhalten. Hinsichtlich der Schadstoffgehalte ist nur der Einbau von solchen Materialien zulässig, die die Vorsorgewerte der BBodSchV einhalten. Erfolgt der Einbau an Standorten mit landwirtschaftlicher /gärtnerischer Folgenutzung, dann dürfen die Vorsorgewerte nur zu 70% ausgeschöpft werden. Bei Rekultivierung für andere Nutzungen gelten die Vorsorgewerte. Ausnahmen sind möglich in Gebieten mit geogen oder anthropogen erhöhten Ausgangsbelastungen und wenn der (Wieder-) Einbau des Bodenmaterials auf dem gleichen Grundstück erfolgt.

Für den GaLaBau ergibt sich der Anwendungsbereich, wenn (Boden-) Materialien auf oder in eine durchwurzelbare Bodenschicht auf- oder eingebracht werden (Herstellung von Gärten, Grünflächen, Parkanlagen) oder bei der Auf- und Einbringung von Bankettschälgut auf Böden, das bei Unterhaltungsmaßnahmen des Straßenbaus anfällt. Dies betrifft Bodenmaterial, Baggergut, Gemische von Bodenmaterial mit Klärschlämmen oder Bioabfällen, andere Materialien wie Kultursubstrate, Rasentragschichten o.ä. Auch Gemische müssen die Qualitätsanforderungen der BioAbfV erfüllen.

Weiterhin gilt § 12 beim Herstellen einer durchwurzelbaren Bodenschicht, u.a. im Rahmen der Begrünung von technischen Bauwerken¹² (z.B. Lärmschutzwälle), Aufschüttungen, Halde und Deponien und bei Maßnahmen des Garten-, Landschafts- und Sportplatzbaus (z.B. Herstellung von Rasensportanlagen).

Es gilt die Regelannahme, dass schädliche Bodenveränderungen entstehen, wenn die Vorsorgewerte überschritten werden. Ausnahmen können gegeben sein, wenn durch das aufgebrachte Material keine Verschlechterung der Schadstoffsituation erfolgt oder die Feststoffwerte Z0* eingehalten werden und gleichzeitig eine Bodenfunktion (z.B. Herstellung eines Pflanzenstandortes) nachhaltig gesichert oder wiederhergestellt wird. Gebiete mit erhöhten Schadstoffgehalten (naturbedingt oder in Siedlungsgebieten) sind über das jeweilige Landesbodenschutzrecht ausgewiesen, in diesem Fall gelten gesonderte Regelungen (z.B. Landesumweltamt NRW, 2004).

1.3.2 Einzelregelungen des § 12

Durchwurzelbare Bodenschicht: max. 2 m werden als ausreichend angesehen (dafür gelten die Vorsorgewerte BBodSchV), dies ist auch die Obergrenze für Bodeneinbau im GaLaBau. In Ergänzung zu DIN 18915 können folgende Mächtigkeiten für den Hauptwurzelraum angenommen werden: Rasen 20 cm, Stauden und Gehölze 40 cm. Die Mächtigkeit bzw. Dicke

¹ Mit dem Boden verbundene Anlagen, die aus Bauprodukten und/oder mineralischen Abfällen hergestellt werden und überwiegend technische Funktionen erfüllen

² Dachbegrünungen ausgenommen

der gesamten durchwurzelbaren Bodenschicht beträgt bei Rasen 50 cm, bei Stauden und Gehölzen 100 cm und bei den Zier- und Nutzpflanzen in Klein- und Hausgärten 50 bis 100 cm. Die durchwurzelbare Bodenschicht darf nur aus geeignetem Bodenmaterial, Baggergut nach DIN 19731 und Gemischen von Bodenmaterial mit Abfällen zur Verwertung hergestellt werden.

1.3.3 Anforderungsbereiche / Prüfschritte

Die Regelungen des § 12 BBodSchV lassen sich in drei Anforderungsbereiche (Prüfschritte) aufteilen:

- Ist das Material geeignet (Was kommt woher)?
- Ist der Standort (Einbauort) geeignet (Was geht wohin)?
- Erfolgt der Einbau fachgerecht (Wie wird es aufgebracht)?

1.3.4 Materialeignung - Anforderungen an das Bodenmaterial

Die Materialien werden wie folgt definiert:

Bodenmaterial: Material aus Böden und deren Ausgangssubstraten einschließlich Oberböden, das im Zusammenhang mit Baumaßnahmen oder anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben, abgeschoben oder behandelt wird. Weitere Anforderung: Bodenmaterial ohne Fremdbestandteile oder Störstoffe (makroskopisch nicht erkennbar, Volumenanteil * 10%).

Baggergut ist nach DIN 19731 Material, das im Rahmen von Unterhaltungs-, Neu- und Ausbaumaßnahmen aus Gewässern entnommen wird (Gewässersohle, Oberböden im Ufer-/Überschwemmungsbereich).

Gemische aus Bodenmaterial + Abfällen (zulässige Abfälle s.o.).

In den Anwendungsbereich des § 12 BBodSchV fallen auch andere Materialien, z. B. Kultursubstrate, Rasentragschichten o. ä..

1.3.4.1 Untersuchung der (Boden-)Materialien

Das aufzubringende Bodenmaterial muss schadlos und nützlich sein. Soweit dies nicht belegt oder nach dem allgemeinen Kenntnisstand als nicht gesichert unterstellt werden kann, müssen Untersuchungen durchgeführt werden. Die Anforderungen an die Verwertungseignung von Bodenmaterial nennt DIN 19731. Demnach ist bezüglich der "chemischen Beschaffenheit" durch Vorerkundung zunächst zu prüfen, ob über eine Inaugenscheinnahme und Auswertung vorhandener Unterlagen hinaus zusätzliche chemisch-analytische Untersuchungen erforderlich sind. Diese Informationen können ggf. auch aus z.B. Bodenschätzungsergebnissen oder Bodenkarten entnommen werden.

Klärschlämme sind nach der AbfKlärV, Bioabfälle bzw. Gemische nach der BioAbfV zu untersuchen. Bei Klärschlämmen und Bioabfällen sind zusätzlich auch die Nährstoffgehalte relevant. Die zulässige Aufbringungsmenge (kg/m^2) hängt auch von den Gehalten an Gesamt-N, -P und -K und ggf. organischer Substanz ab. Die Nährstoffzufuhr ist nach Menge und Verfügbarkeit dem Pflanzenbedarf der Folgevegetation anzupassen (DIN 18919). Wird humusreiches Bodenmaterial aufgebracht, dann ist die durchwurzelbare Bodenschicht aufzuteilen in eine humusreichere Oberbodenschicht (ähnlich Ah-Horizont) und eine humusärmere Unterbodenschicht (vergleichbar B-Horizonte naturnaher Böden).

1.3.4.2 Zusammenfassende Eingrenzung geeigneter Materialien

Die LAGA M20 (2004) gibt folgende Hinweise zur Bewertung von Bodenmaterial: Bevor im Rahmen einer Baumaßnahme Bodenmaterial ausgehoben wird, ist zunächst durch Inaugenscheinnahme des Materials und Auswertung vorhandener Unterlagen (z.B. Bodenbelastungskarte, Kataster altlastverdächtiger Flächen und Altlasten, vorliegende Untersuchungsergebnisse) zu prüfen, ob mit einer Schadstoffbelastung gerechnet werden muss. Auf der Grundlage der sich aus dieser Vorermittlung ergebenden Erkenntnisse ist zu entscheiden, ob zusätzlich analytische Untersuchungen durchzuführen sind. Diese sind in der Regel nicht erforderlich, wenn die in Übersicht 1 genannten Merkmale zutreffen.

Übersicht 1: Vorrangig geeignete Materialien

Bodenmaterial das nach Inaugenscheinnahme und ohne zusätzliche analytische Untersuchungen verwertet werden kann:

Zusätzliche Untersuchungen sind in der Regel nicht erforderlich, wenn
- keine Hinweise auf anthropogene Veränderungen und geogene Stoffanreicherungen vorliegen, z.B. bei Bodenmaterial von Flächen, die bisher weder gewerblich, industriell noch militärisch genutzt wurden;
- geringe Mengen (bis 500 m^3 , sofern nicht landesrechtliche Regelungen dem entgegenstehen) an nicht spezifisch belastetem Bodenmaterial mit mineralischen Fremdbestandteilen bis zu 10 Vol. % in vergleichbarer Tiefenlage eingebaut werden und die Verwertung am Ausbauort oder an vergleichbaren Standorten in der Region erfolgt;
- Bodenmaterial aus Gebieten mit natur- oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in vergleichbarer Tiefenlage eingebaut wird und die Verwertung am Ausbauort oder an vergleichbaren Standorten eines Gebietes im Sinne des § 12 Abs. 10 BBodSchV erfolgt.

Fazit: Unproblematisch ist Bodenmaterial, das die Vorsorgewerte einhält, nicht zu einer erheblichen Anreicherung anderer Schadstoffe führt und das keine Kontamination mit Schadorganismen bzw. Krankheitserregern (hygienischer Zustand) aufweist.

1.3.5 Standorteignung - Was ist am Standort zu beachten?

Ziel ist die nachhaltige Sicherung und Wiederherstellung von Bodenfunktionen am Aufbringungsstandort, es darf keine Verschlechterung erfolgen. Die Anforderung der Nützlichkeit wird bei den Arbeiten des GaLaBaus in der Regel erfüllt durch die Herstellung oder Vergrößerung der durchwurzelbaren Bodenschicht als Lebensraum für Pflanzen.

Die durchwurzelbare Bodenschicht darf nur hergestellt werden aus geeignetem Bodenmaterial, Baggergut nach DIN 19731 und Gemischen von Bodenmaterial mit Abfällen zur Verwertung. Bodenmaterial ist geeignet

- zum Einbau im Bereich Freizeit und Erholung wenn die Vorsorgewerte eingehalten werden,
- zum Einbau für landwirtschaftlich/gartenbauliche Nutzung, wenn die Vorsorgewerte zu nicht mehr als 70 % ausgeschöpft werden,
- andernfalls ungeeignet für die Anwendungsbereiche nach § 12 BBodSchV (dann ggf. geeignet für technische Bauwerke, dazu Prüfung nach LAGA M 20).

1.3.5.1 Zwischenlagerung und Umlagerung bei baulichen und betrieblichen Anlagen

Die Zwischenlagerung und die Umlagerung von Bodenmaterial auf Grundstücken im Rahmen der Errichtung oder des Umbaus von baulichen und betrieblichen Anlagen unterliegen nicht den Regelungen (des § 12 BBodSchV), wenn das Bodenmaterial am Herkunftsort wieder verwendet wird. Bauliche Anlagen sind mit dem Erdboden verbundene, aus Bauprodukten hergestellte Anlagen. Bauliche und betriebliche Anlagen sind Betriebsstätten und technische Einrichtungen, Verkehrswege, Grundstücke, auf denen im Rahmen einer wirtschaftlichen Tätigkeit Materialien gelagert werden und Aufschüttungen und Abgrabungen, auch solche unter Bergaufsicht.

Der Herkunftsort bezeichnet die Entnahmestelle von Bodenmaterialien, er kann auch mehrere Grundstücke eines Vorhabens umfassen, die unter dem Aspekt der Bodenbeschaffenheit vergleichbare Standortbedingungen aufweisen.

Der Grundstückseigentümer und derjenige, der Verrichtungen auf einem Grundstück durchführt oder durchführen lässt, die zu Veränderungen der Bodenbeschaffenheit führen können, sind dabei untersuchungspflichtig.

1.3.5.2 Sind von der Aufbringung besonders schützenswerte Böden (Ausschlussflächen) betroffen?

Ausschlussflächen (im Falle der Rekultivierung) sind solche Böden, die die Bodenfunktionen im besonderen Maße erfüllen. Sie sind vom Auf- und Einbringen von Materialien ausgeschlossen. Dies sind Böden mit besonderem Erfüllungsgrad der natürlichen Bodenfunktionen (z.B. besonders fruchtbare Böden mit > 65 Bodenpunkten oder Extremstandorte mit < 20 Bodenpunkten) und Archivböden. Dies gilt auch für Böden im Wald sowie in Naturschutz- und Wasserschutzgebieten. Die fachlich zuständigen Behörden können hiervon Abweichungen zulassen.

1.3.6 Fachgerechter Einbau - Anforderungen an die technische Ausführung

Muss Bodenmaterial zwischengelagert werden, ist es vor Verdichtung und Vernässung zu schützen. Die Miete ist zu profilieren und zu glätten. Bei einer Lagerdauer über 6 Monaten ist die Miete mit tief wurzelnden, winterharten und stark Wasser zehrenden Pflanzen (z.B. Luzerne, Waldstaudenroggen, Lupine, Ölrettich) zu begrünen. Um die Verdichtung durch Auflast zu begrenzen, darf die Mietenhöhe bei humosem Bodenmaterial höchstens 2 m betragen. Empfohlen werden Kettenfahrzeuge mit großer Lauffläche ("Moorraupen") bei einem Kontaktflächendruck von möglichst unter 15 kN. Radfahrzeuge sollten mit Niederdruckreifen ausgestattet sein.

Beim Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden sind weitgehend die gleichen Vorgaben zu beachten wie in DIN 18915 beschrieben. Ergänzende Hinweise siehe Übersicht 2.

Übersicht 2: Technische Maßnahmen zur Vermeidung von Verdichtungen, Vernässungen sowie sonstige nachteilige Bodenveränderungen (nach Vorderbrügge in HLUG, 2001)

- Der Bodenauftrag ist technisch und witterungsabhängig so durchzuführen, dass sich Ausmaß und Intensität von Verdichtungen auf das unvermeidbare Maß beschränken. Große Meliorations- bzw. Rekultivierungsflächen sind in Bauabschnitte von max. einem Hektar zu unterteilen und unmittelbar zu begrünen;
- Rekultivierungsarbeiten und die nachfolgenden Kulturarbeiten sind wenn eben möglich nur bei trockener Witterung und auf abgetrockneten Böden (ausreichende Befahrbarkeit) durchzuführen;
- Eine Auftragshöhe bis ca. 20 cm ist zu bevorzugen. Das Risiko einer Unterbodenverdichtung wird verringert, da der Oberboden nicht abgeschoben werden muss;
- Bei einer Auftragshöhe von mehr als 20 cm ist der Oberboden abzuschieben;

- Der Boden sollte nicht mit Radfahrzeugen (außer auf Baustraßen, die anschließend zurückzubauen sind) befahren werden;
- Der Bodenaushub ist in einem Arbeitsgang ohne eine Zwischenbefahrung aufzutragen;
- Die Zusammensetzung und Eigenschaften des aufzutragenden Substrates sollte möglichst der Zusammensetzung und den Eigenschaften des anstehenden Bodens entsprechen (Gleiches zu Gleichem);
- Eine Reduzierung der Anzahl der Arbeitsgänge und der Überfahrten ist anzustreben;
- Im Anschluss an den Bodenauftrag ist die Fläche umgehend einzuebnen.

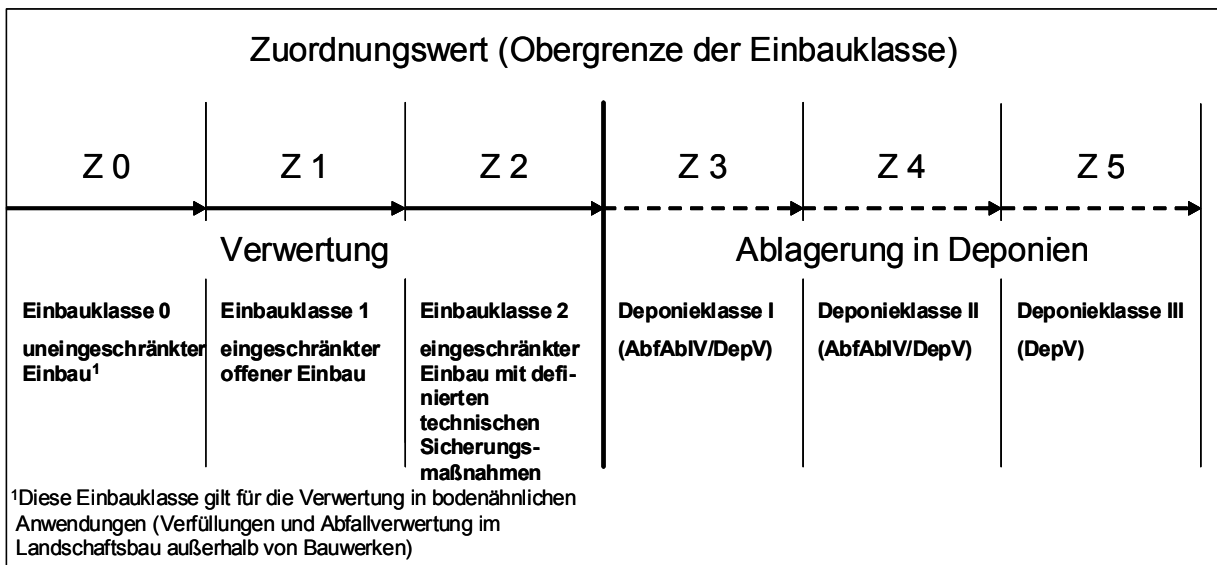
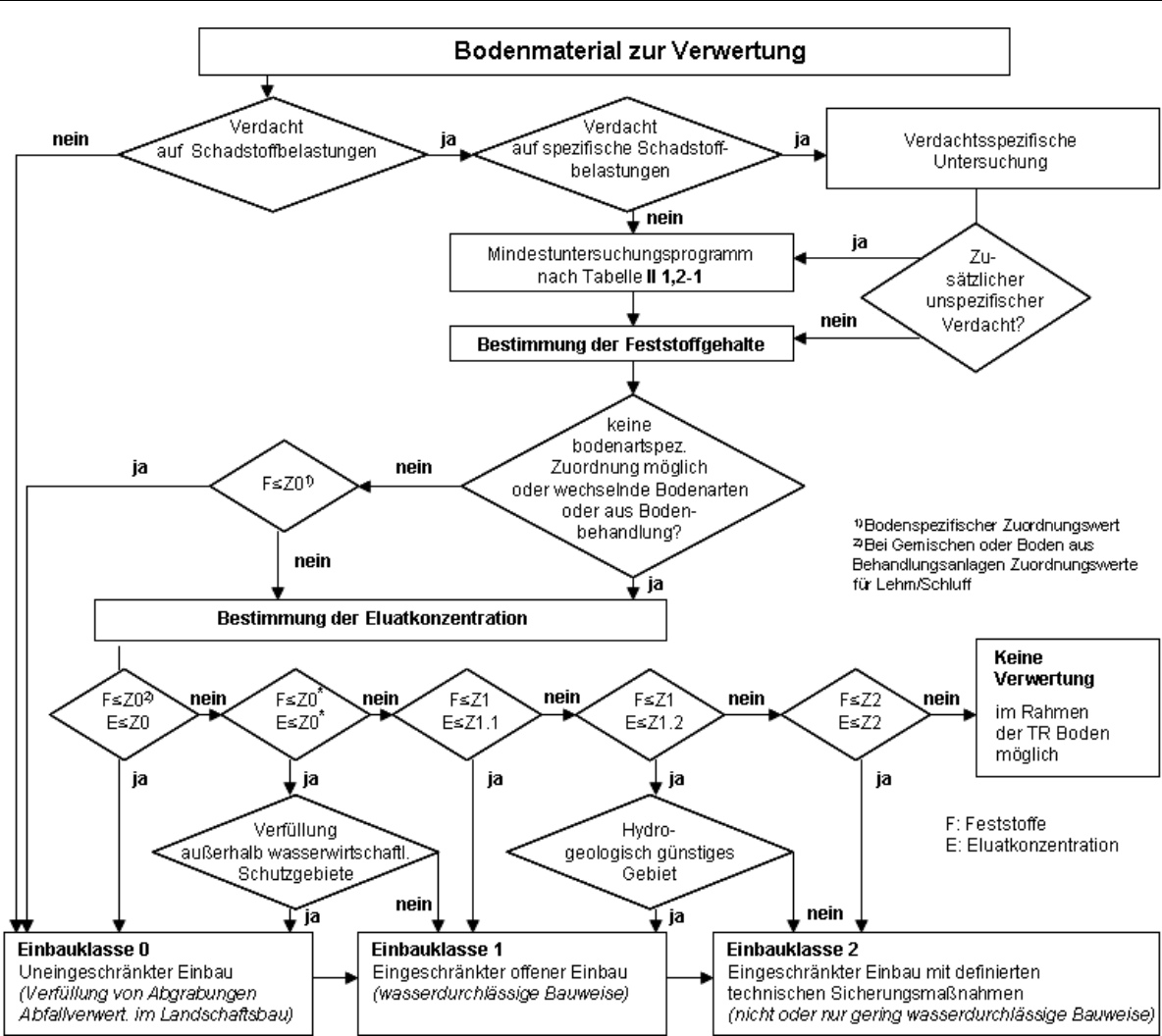


Abb. 2: Darstellung der Zuordnungswerte (Z-Werte) und Einbauklassen (LAGA M20, 2004)

1.4 Anwendung und Geltungsbereiche des LAGA Merkblattes 20 –Technische Regel Boden

Wenn mineralische Abfälle in den Boden oder Untergrund eingebaut werden sollen, dann sind die sogenannten ‚Z-Werte der LAGA M 20‘ (Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln) zu beachten. LAGA bedeutet Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall, M 20 ist das Merkblatt 20 und Z-Werte meint Zuordnungswerte, die aufgrund von Eluat- und Feststoffuntersuchungen bestimmte Schadstoffkonzentrationen einhalten müssen und damit über die zulässigen Einbauweisen entscheiden.

Die nachfolgenden Texte sind auszugsweise übernommen aus dem Merkblatt 20 (M 20) der Technischen Regeln der LAGA.



- Einbauklasse 2 (Zuordnungswerte Z 2): Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (nicht oder nur gering wasserdurchlässige Bauweise).

Die Einbauklassen werden durch Zuordnungswerte im Eluat (Eluatkonzentrationen) und im Feststoff (Feststoffgehalte) begrenzt. Die Einbauklasse gilt bis zum Erreichen des jeweiligen Z-Wertes, dieser stellt die Obergrenze eines zulässigen Schadstoffgehaltes dar. Die Eluatkonzentrationen und Feststoffgehalte für die jeweiligen Abfälle, die Anforderungen an die Standortverhältnisse am Einbauort, die technischen Sicherungsmaßnahmen für die Einbauklasse 2 sowie Beschränkungen der Einbaumöglichkeiten und organisatorische Sicherungsmaßnahmen werden im Gegensatz zu entsprechenden Regelungen der Gefahrenabwehr (z.B. bei der Sanierung von Altlasten) aus den Vorsorgeanforderungen des Grundwasserschutzes, des Bodenschutzes und der Abfallwirtschaft abgeleitet.

Fazit: Die TR Boden beschreibt die Anforderungen zur Verwertung von Bodenmaterial und definiert zulässige Schadstoffgrenzwerte für die verschiedenen Einbauklassen:

Einbauklasse 0: Z0 - Uneingeschränkter Einbau (Verfüllung von Abgrabungen, Abfallverwertung im Landschaftsbau außerhalb von Bauwerken), Z0* - höhere Schadstoffkonzentrationen bei Verfüllung außerhalb wasserwirtschaftlicher Schutzgebiete, Abdeckung mit mindestens 2 m Bodenmaterial, das die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält. Die jeweils zulässigen Schadstoffgehalte sind in der Bundesbodenschutz-Verordnung bzw. LAGA Merkblatt 20 nach zu sehen.

Einbauklasse 1: Z1 – Eingeschränkter offener Einbau (wasserdurchlässige Bauweise), Z 1.1 –Bereich der Verwertungsmaßnahme weist ungünstige hydrogeologische Standortbedingungen auf, Z 1.2 – in hydrogeologisch günstigen Gebieten.

Einbauklassen 2: Z2 – Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (nicht oder nur gering wasserdurchlässige Bauweise).

Weisen Bodenmaterialien Schadstoffgehalte höher als Z2 auf, dann ist nur noch eine Ablagerung in Deponien möglich.

2. Bodenschutz auf der Baustelle – speziell in Bezug auf den Garten- und Landschaftsbau

Es wurde eine Befragung von Unternehmen des GALABaus in Hamburg, Niedersachsen, Schleswig-Holstein im Herbst 2009 durchgeführt. Die Zusendung der Fragebögen erfolgte per Internet, eine Beantwortung wurde erbeten innerhalb 2 Wochen. Insgesamt wurden 332 Fragebogen verschickt, die Rücklaufquote betrug 17,5% (Pannenbäcker 2010).

Folgende Themenkomplexe wurden behandelt:

- Betriebliche Kenngrößen (Antworten im Folgenden nicht ausgeführt)

- Gesetzliche Anforderungen
- Umsetzung Bodenschutz bei der Planung
- Umsetzung Bodenschutz bei der Ausschreibung
- Umsetzung Bodenschutz bei der Bauausführung / Maschineneinsatz / Düngemittel

2.1 Gesetzliche Anforderungen

Wie bewerten Sie die folgenden gesetzlichen Regelungen für Ihren Berufsalltag?

Tab. 1: Wertung der gesetzlichen Regelungen und DIN Normen

Wichtigkeit	Regelung/Norm	eher wichtig	eher nicht wichtig
1	DIN 18300	53	5
2	DIN 18915	52	5
3	BauGB	43	14
4	DIN 18196	39	18
5	BBodSchV	34	26
6	LAGA Merkblatt 20	30	26
7	DIN 19731	30	27
8	BBodSchG	32	35
9	Vollzugshilfe §12 BBodSchV	24	34

Für die Unternehmen sind die DIN Normen 18300 und 18915 in ihrem Berufsalltag wichtiger als die gesetzlichen Regelungen, BauGB wird als wichtiger beurteilt als die Bodenschutzvorgaben.

Wie bewerten Sie die folgenden DIN Normen für Ihren Berufsalltag?

Mit sehr wichtig und wichtig antworteten: 90% DIN 18300, 88% DIN 18915, 67% DIN 18196, 52% DIN 19731. Auffallend ist die „Geringschätzung“ der DIN 19731 und der Vollzugshilfe § 12 BBodSchG.

2.2 Umsetzung Bodenschutz bei der Planung

Fertigen Sie einen Baustelleneinrichtungsplan an?

2% immer, 38 % gelegentlich, 57 % nie

Was enthält er?

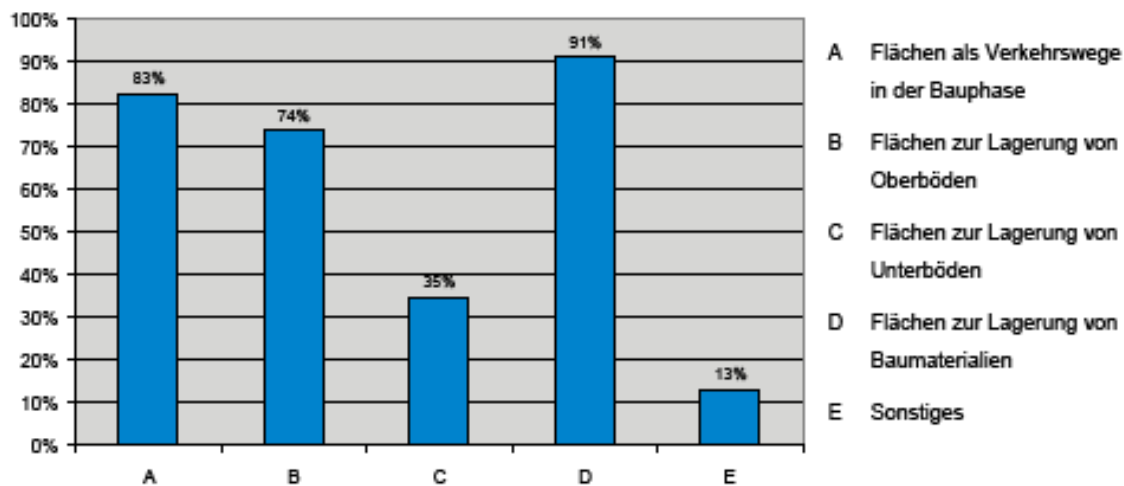


Abb. 4: Flächen Baustelleneinrichtungsplan (n=23)

Gerade einmal acht Unternehmen planen Flächen zur Lagerung von Unterboden ein. Wo könnten die Gründe liegen? Mehrere sind denkbar:

- es werden vorwiegend Baumaßnahmen durchgeführt, bei denen lediglich Oberbodenmaterial abgetragen und zwischengelagert wird. Die Unterbodenhorizonte bleiben unberührt
- bei Pflasterungs- und Tiefbauarbeiten, die ja Schwerpunkt bei vielen Unternehmen sind, wird der Unterboden zum Teil ausgetauscht
- dem Unterboden wird nicht die gleiche Bedeutung zugemessen wie dem Oberboden
- für die Zwischenlagerung wird keine Trennung von Ober- und Unterboden vorgesehen.

Berücksichtigen Sie bei der Planung die am Ort vorhandenen Bodengegebenheiten?

84% ja, 12 % nein

Welche Grundlagen nutzen Sie?

Wichtigste Informationsquelle ist die Baugrunduntersuchung (59%), mittels Bodenkarten informieren sich 6 %, Rest sonstige Angaben.

Richten Sie Ihre Gestaltungsvorschläge danach aus?

31% immer, 53 % gelegentlich

Kontrollieren Sie auf jeder Baustelle den Bodenaufbau?

19% immer, 74 % gelegentlich

Mit welchem Prüfwerkzeug?

83% Minibagger, 74% Spaten, 15% Bohrstock. Unklar jedoch: Wie sieht die Kontrolle aus?

Was sind die häufigsten Probleme in Bezug auf Bodenschutz, die Sie in der Planungsphase lösen müssen?

Die drei wichtigsten Probleme sind in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit

- Vorverdichtung des Bodens: GaLa-Bau ist oft das letzte Gewerk auf einer Baustelle und stößt auf die Vorverdichtungen des Bodens durch vorher tätige Gewerke.
- Beengte Platzverhältnisse auf den Baustellen: Lagerung der angelieferten Materialien und die Zwischenlagerung von Boden auf der Baustelle. Dies zeigt die große Bedeutung eines Baustelleneinrichtungsplans.
- Entwässerung auf den Baustellen: Auch hier steht eine ganze Reihe von Problemen im Zusammenhang, wie Wasserbindung, Tragfähigkeit, Witterung, Nichtbefahrbarkeit des Bodens usw. Diese erfordern in der Planungsphase ein erhebliches Maß an Zeit und zusätzlichen Überlegungen. Wird dies vernachlässigt, entstehen Mehrkosten bei der Ausführung.

Achten Sie bei der Einrichtung von Stellplätzen, Wegen, Terrassen etc. auf (mehrere Antworten möglich)?

Fast alle Unternehmen achten auf gute Versickerungsmöglichkeiten (78%) bei ihren Gestaltungsvorschlägen und Ausführungsplanungen. Knapp die Hälfte achtet auf eine möglichst geringe Bodenversiegelung (47%) und ein kleinerer Anteil setzt vermehrt auf die Verwendung von wasserdurchlässigen Belägen (31%).

Fazit Umsetzung Bodenschutz – Planung

Erfreulicherweise berücksichtigen 84% die am Ort vorhandenen Bodengegebenheiten bei der Planung. Leider richten dann nur noch 26% der Unternehmen ihre Gestaltungsvorschläge immer danach aus. Beim Erstellen eines Baustelleneinrichtungsplans gibt es weitere deutliche Verbesserungsmöglichkeiten, denn nur ein Unternehmen fertigt für jede Baustelle einen an.

2.3 Umsetzung Bodenschutz bei der Ausschreibung

Wie viel Prozent Ihrer Angebote bzw. Aufträge beinhalten Bodenarbeiten?

Bei 59% der Betriebe sind Bodenarbeiten in mehr als 50 % der Angebote bzw. Aufträge enthalten.

Kalkulieren Sie beim Einsatz von schweren Geräten Schlechtwetterphasen ein?

Ja 60%, nein 40%

Fazit: Umsetzung Bodenschutz – Ausschreibung

Sehr viele Betriebe haben mit Bodenarbeiten (als Teil) einer Ausschreibung zu tun. Über die Hälfte der Unternehmen kalkuliert in der Ausschreibung Schlechtwetterperioden ein, knapp die Hälfte macht es nicht.

2.4 Umsetzung Bodenschutz bei der Bauausführung

Wie gehen Sie bei einer Kontrolle auf der Baustelle vor (verwenden Sie z.B. eine festgelegte Checkliste, etc.)?

Bei zehn Unternehmen war kein systematisches Vorgehen zu erkennen. Neun Unternehmen führen ihre Kontrollen vorzugsweise durch eine sogenannte Sichtprobe (Beurteilung durch den zuständigen Baustellenleiter nach Augenschein) durch. Sechs Unternehmen führen ihre Kontrollen nach einer festgelegten Checkliste durch. Einige weitere Unternehmen verwenden zur Kontrolle einen Zeitplan oder Bau- bzw. Tagesberichte.

Die Antworten auf diese Frage zeigen ein großes Verbesserungspotential, zumal überhaupt nur 53% der Unternehmen Angaben zu dieser Frage gemacht haben.

Auf welche Punkte in Bezug auf Bodenschutz legen Sie besonderen Wert?

Diese Frage haben nur 57% der Unternehmen beantwortet, geordnet nach ihrer Häufigkeit wurden angeführt:

- Schädliche Verdichtungen des Bodens vermeiden, besonders auf zukünftigen Vegetationsflächen
- Schutz des Oberbodens
- Bodenlockerung bzw. die vorhandenen Bodenverdichtungen aufbrechen
- Bodenverbesserungen
- Bodenverunreinigungen
- Vernässung
- Schutz der Wurzeln von Bäumen im Traufenbereich
- Witterung

Gibt es abgegrenzte Flächen, die während der Bauausführung nicht befahren werden dürfen?

Ja 93%, nein 3 %

Legen Sie auf großen Baustellen eine Baustraße an?

10% immer, 84% gelegentlich

Aus welchem Material?

78% Recyclingmaterial, 55% Schotter, 4% Bauschutt, 2% Boden von der Baustelle

Wie versuchen Sie auf kleinen Baustellen, bei Einsatz von Kleinmaschinen, den Boden zu schützen?

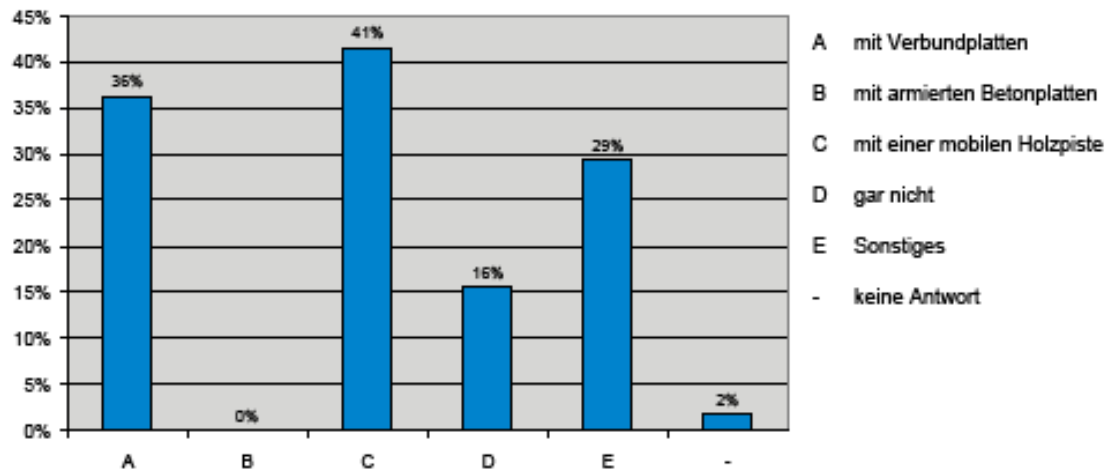


Abb. 4: Bodenschutz auf kleinen Baustellen (n=58)

Angenommen, Sie müssen auf einer Baustelle Bodenmaterial für längere Zeit zwischenlagern, welche Maßnahmen sehen Sie vor?

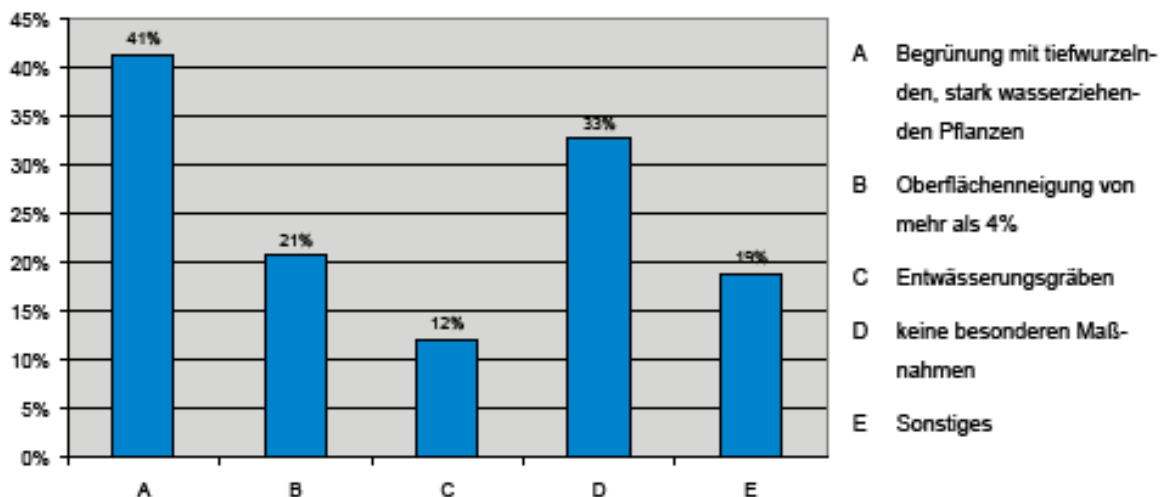


Abb. 5: Maßnahmen bei Einrichtung von Bodendepot (n=58)

Achten Sie darauf, dass beim Bodendepot keine Fremdmaterialien, z.B. Bauschutt eingemischt wird?

78% immer, 12 % gelegentlich

Achten Sie darauf, dass Bodendepots locker und nur im trockenen Bodenzustand eingerichtet werden?

33% immer, 53 % gelegentlich

Angenommen, Sie benötigen zusätzliches Bodenmaterial für die Anlage, worauf achten Sie besonders?

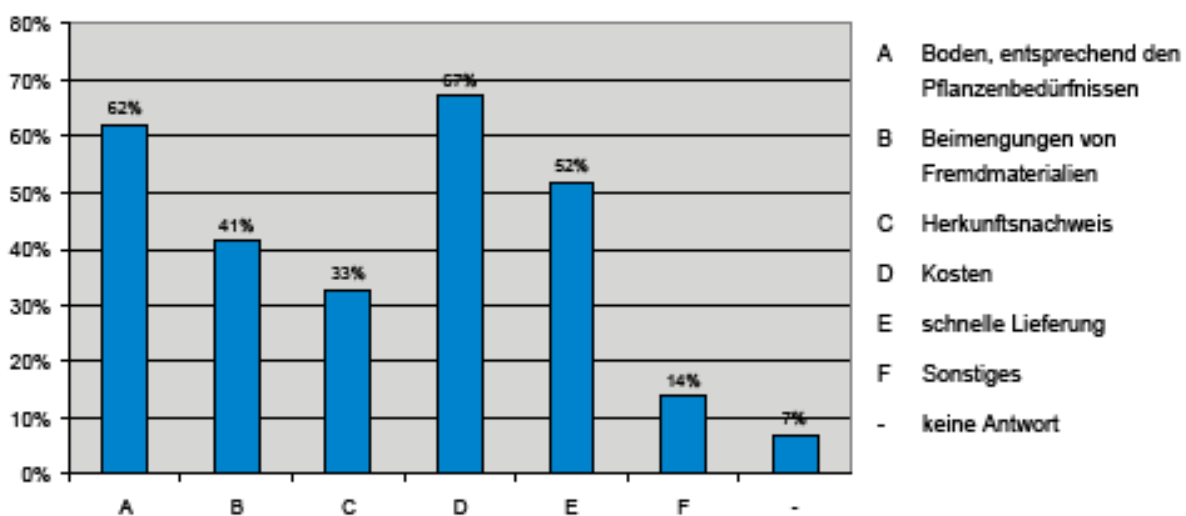


Abb. 6: Kriterien zur Auswahl zusätzlichen Bodenmaterials (n=58)

Maschineneinsatz

Führen Sie Untersuchungen zur Feststellung der Verdichtung durch?

19 % immer; 67 % gelegentlich

Kontrollieren Sie die Bodenfeuchte auf der Baustelle?

17 % immer, 52% gelegentlich, 19 % n

Welche Prüfmethode wenden Sie an?

88% Fingerprobe; 33% Langspaten

Trotz aller Vorsicht lässt sich das Absacken von Maschinen nicht ganz vermeiden.

Wie häufig geschieht das schätzungsweise im Jahr?

81 % < 5 x p.a.; 9% 6 -20 x p.a.; 7% > 20 x p.a.

Düngemittleinsatz / Bodenuntersuchung

Kontrollieren Sie vor dem Düngen den pH-Wert des Bodens?

Immer 5%; Gelegentlich 66%; Nie 24%

Was beachten Sie beim Einsatz von Düngemitteln?

Nährstoffbedarf der Pflanzen 83 %; Regelmäßigkeit 55 %; pH-Wert des Bodens 28 %

Hatten Sie schon einmal Probleme mit Schadstoffbelastungen im Bodenmaterial?

34% antworteten mit ja

Fazit Umsetzung Bodenschutz – Bauausführung

Die Abgrenzung von Flächen, die während der Bauausführung nicht befahren werden dürfen, ist ein erfreuliches Ergebnis. Allerdings werden diese Flächen jedoch nicht von vornherein in einem Baustelleneinrichtungsplan eingezeichnet. Auf kleinen Baustellen wird der Boden im Allgemeinen gut geschützt.

Das Anlegen von Baustraßen scheint auf den ersten Blick ein Problem zu sein. Denn 84% der Unternehmen legen nur gelegentlich eine Baustraße auf großen Baustellen an.

Deutliche Verbesserungschancen gibt es bei der Zwischenlagerung von Böden für längere Zeit. Den einschlägigen Vorschriften wird kaum Beachtung geschenkt, mit den schon beschriebenen negativen Folgen für den Boden.

Eine weitere Verbesserungsmöglichkeit betrifft die Untersuchung zur Feststellung der Verdichtungen. Ein möglicher Grund für die nur gelegentliche Überprüfung könnte jedoch sein, dass die Bodenverdichtung bei vielen Baustellen offensichtlich ist.

Die Bodenfeuchte spielt ebenfalls eine wesentliche Rolle auf der Baustelle. Eine Überprüfung derselben sollte selbstverständlich werden. Tatsächlich wird dies nur zum Teil befolgt, da nur 17% der Unternehmen die Bodenfeuchte immer kontrollieren.

Um den Bodendruck so gering wie möglich zu halten, sind Maschinen mit Kettenantrieb im Vorteil. Außerdem können sie auf feuchteren Böden eingesetzt werden ohne eine zu hohe Verdichtung zu verursachen. Im Einsatz spielt der Kettenantrieb jedoch eine untergeordnete Rolle.

Jedoch: Fünf Unternehmen besitzen ausschließlich Maschinen mit Radantrieb. Und sie wissen diese offensichtlich richtig einzusetzen. Alle fünf beantworteten die Frage „Wie häufig versackt Ihnen eine Maschine schätzungsweise jährlich?“ mit weniger als fünf mal.

3. Literatur

Deutscher Bundestag (2009): Zweiter Bodenschutzbericht der Bundesregierung. Drucksache 16/12658. 15.04.2009

BioAbfV: Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Boden (Bioabfallverordnung – BioAbfV) vom 21. September 1998, in: BGBl. I 1998, S. 2905

BMU (Bundesumweltministerium) (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz-BBodSchG), BGBl. 1998 I Nr.16, S. 502 ff., 24. März 1998

BMU (Bundesumweltministerium) (1999): Bundes - Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) BGBl. Teil 1 - Nr. 36 S. 1554 ff. vom 16.07.1999

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.) (2001): Abfallverwertung auf Böden – Möglichkeiten und Grenzen. Umwelt und Geologie, Böden und Bodenschutz in Hessen, Heft 4. Wiesbaden.

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.) (2003): Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden (§ 12 BBodSchV). Umwelt und Geologie, Böden und Bodenschutz in Hessen, Heft 4. Wiesbaden.

Koch, D. (2010): Entwicklung und Stand der geplanten gesetzlichen Änderungen im Bodenschutz und Abfallrecht. Beitrag in diesem Heft.

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2004): Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden gemäß § 12 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Merkblätter Band 44. Essen.

Pannenbäcker, K. (2010): Bodenschutz auf der Baustelle – speziell in Bezug auf den Garten- und Landschaftsbau. Diplomarbeit Fachhochschule Osnabrück, unveröffentlicht.

Rück, F. (2009): Umwelanforderungen an Böden und Substrate nach Bodenschutz- und Abfallrecht. Neue Landschaft 7/09. S 47 – 54. Patzer Verlag, Hannover und Berlin.

Seiffert, S., R. Kohl, Th. Delschen, W. Dinkelberg, (2003): LABO Vollzugshilfe zu den Anforderungen an das Aufbringen von Materialien auf und in den Boden gemäß § 12 BBodSchV. Bodenschutz I/03. S. 4-9. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Internetzitate

LABO in Zusammenarbeit mit LAB, LAGA und LAWA (2002): Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV. Vollzugshilfe zu den Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden (§ 12 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung). Stand 11.09.2002. Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) unter Einbeziehung der Länderarbeitsgemeinschaften Abfall (LAGA) und Wasser

(LAWA) sowie des Länderausschusses Bergbau (LAB). Quelle: http://www.labo-deutschland.de/pdf/12-Vollzugshilfe_110902.pdf am 2.05.2008.

LAGA-Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (2003): Merkblatt 20. Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln –Allgemeiner Teil. Überarbeitung Endfassung vom 06.11.2003. Quelle: www.laga-online.de/mitteilungen/docs/AllgTeil%20Endfassung%20031106.pdf. 28.08.2007.

LAGA-Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (2004): Merkblatt 20. Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen. Teil II Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden). Stand 05.11.2004. Quelle: http://www.mufv.rlp.de/fileadmin/img/inhalte/abfall/LAGA_M20_Teil_II_TR_Boden_2004.pdf. 20.08.2008.

Bodenkundliche Baubegleitung – Leitfaden für die Praxis

Peter Spatz

Motivation

Die Entscheidung für eine Baumaßnahme ist getroffen, die Baugenehmigung erteilt, der Eingriff in den Boden steht unmittelbar bevor. Jetzt ist aktiver Bodenschutz vor Ort gefragt.

Auf Planungsebene sind in der Regel die Belange des Bodenschutzes basierend auf den vorhandenen gesetzlichen Bestimmungen (BBodSchG, BBodSchV, BauGB etc.) über Auflagen in der Baugenehmigung berücksichtigt. Die Umsetzung dieser Auflagen im konkreten Ablauf von Baumaßnahmen lässt meist viele Fragen offen. Die Gründe einer eher unzureichenden Berücksichtigung von Bodenschutzauflage im Baubetriebe sind vielschichtig. So sind u.a. Unkenntnis über die einschlägigen Regelwerke und Handlungshilfen bei den Akteuren vor Ort, ökonomische / zeitliche Gründe und nicht zuletzt auch eine ausbleibende Überwachung bzw. Erfolgskontrolle seitens der Behörden als zentral anzusehen.

In diesem Spannungsfeld wird eine unabhängige, bodenkundliche Beratung vor Ort als notwendig angesehen. Bei einzelnen Großprojekten (z.B. Landesmesse Stuttgart) wurde eine solche Baubegleitung behördlicherseits bereits eingefordert. Diese, im folgenden Bodenkundliche Baubegleitung (BBB) genannt, sollte jedoch nicht auf einzelne und prestigeträchtige Vorzeigeprojekte beschränkt bleiben. Sie ist vielmehr bei allen Baumaßnahmen erforderlich, bei denen massiv in Böden eingegriffen wird.

In der Schweiz wird die Bodenkundliche Baubegleitung (BBB) bei Bauprojekten seit 2001 von den Bodenschutzbehörden konsequent eingefordert. Dieses Vorgehen wird inzwischen von allen Betroffenen als Erfolgsmodell gesehen. Die BBB nimmt dabei eine treuhänderische Funktion zum Schutz des Bodens als volkswirtschaftliches Gut wahr. Die BBB sorgt für die rechtskonforme Realisierung des Bauvorhabens und für die Umsetzung der bodenrelevanten Vorgaben. Ihr Einsatzbereich erstreckt sich über alle Stufen der Realisierung des Bauwerks von der Planung über die Ausschreibung bis zur Abnahme nach der Folgebewirtschaftung.

Vergleichbare Instrumentarien zur Gewährleistung der Einhaltung bodenschutzrechtlicher Belange bei Baumaßnahmen finden sich in Deutschland bisher nicht.

Ziel des 2009 gegründeten Fachausschusses ‚Bodenkundliche Baubegleitung‘ ist es, die fachlichen Eckpunkte und Anforderungen für die Belange des Bodenschutzes beim Bauen aufzuarbeiten und darzustellen, sowie die konkreten Möglichkeiten für die Einbindung der Bodenkundlichen Baubegleitung in die Planungsprozesse und den Bauablauf aufzuzeigen. Darüber hinaus kristallisiert sich in der laufenden Fachausschussarbeit immer mehr heraus, dass für eine erfolgreiche Verortung von bodenschutzfachlichen Belangen bei konkreten Baumaßnahmen vor Ort, dem Transfer, dem Austausch sowie der Übersetzung zwischen

den beiden Fachdisziplinen Bau (-grund) und Boden(-kunde, -schutz) eine ganz zentrale Rolle zukommt. Der FA sieht sich mit seiner Arbeit gerade an dieser Schnittstelle in einer Vermittlerrolle.

Stand der Arbeiten

Im Fachausschuss sind 12 Mitglieder aktiv. Etwa die Hälfte der FA- Mitglieder kommt aus dem Umfeld der freien Büros, weiterhin sind Mitglieder der verschiedenen Verwaltungsebenen vom Bund über die Länder bis zu den Kommunen sowie der Geologischen Dienste und der Forschung vertreten. Folgende Fachdisziplinen werden abgedeckt – Bodenkunde, Geologie, Agrarwissenschaften, Bauingenieurwesen, Geographie und Architektur.

Das Themenfeld Bodenkundliche Baubegleitung wurde in die drei Hauptarbeitsfelder Rechtlicher Rahmen, Fachtechnik und Synergien/ Adressaten gegliedert.

Im Bereich Recht werden die Möglichkeiten einer rechtlichen und fachlichen Begründung für eine bodenkundlichen Baubegleitung dargestellt sowie die Anforderungen an die erforderliche Qualität bzw. Qualifikation definiert. Als Anknüpfungspunkte für eine Bodenkundliche Baubegleitung konnten derzeit, zum einen die „Ökologische“ oder „Umwelt-Baubegleitung“ (UBB), zum anderen die nach einigen Landesbauordnungen mögliche Bestellung von Fachbauleitern identifiziert werden. Ferner sollen etwaige Defizite aufgezeigt sowie das Verhältnis zu benachbarten Regelungsinhalten wie der HOAI, dem Haftungsrecht, der Umweltbaubegleitung oder dem Sachverständigenwesen beleuchtet werden.

Im zentralen Bereich Fachtechnik werden die fachlichen Anforderungen für die Phasen Planung, Ausschreibung, Bauablauf und Nachsorge (Erfolgskontrolle) erarbeitet. Als entscheidend hat sich herausgestellt, dass eine Bodenkundliche Baubegleitung nur dann erfolgreich sein wird, wenn sie bereits in der Planung vorgesehen und in der Ausschreibung als Leistungsposition berücksichtigt wird. Ein wichtiger Aspekt für eine auch in bodenschutzfachlichem Sinne erfolgreichen Umsetzung einer Baumaßnahme ist die Formulierung und Festsetzung von geeigneten Zielparametern und deren Zielgrößen. Im Bereich der stofflichen Einwirkungen ist mit dem untergesetzlichen Regelwerk zum BBodSchG vieles abgedeckt. Für den Bereich der nichtstofflichen Einwirkungen (z.B. Schadverdichtung) besteht dagegen noch Handlungsbedarf. Solche Zielgrößen müssen formuliert werden, um Akzeptanz und Verständnis für das Anliegen Bodenschutz beim Bauen bei allen Akteuren vor Ort zu erlangen. Die Einhaltung der Zielvorgaben lässt sich im Rahmen einer Erfolgskontrolle nach Abschluss einer Baumaßnahme überprüfen. Der Bauherr einerseits erhält dadurch die Gewähr für eine fachliche korrekte Umsetzung, der Unternehmer andererseits einen Schutz vor ggf. ungerechtfertigten Mängelforderungen.

Aufgabe des Bereichs Synergien/Adressaten ist die Sammlung vergleichbarer Aktivitäten benachbarter Disziplinen, sowie Kontaktaufnahme, Austausch und etwaige Zusammenarbeit mit dem Adressatenkreis (Bauwirtschaft, Behörden, Planung, etc.).

Die Ergebnisse dieses FA des Bundesverband(es) Boden (BVB) sollen in einen praxisnahen Leitfaden zur Bodenkundlichen Baubegleitung münden.

Verwertung mineralischer Abfälle

Entwicklung und Stand der geplanten gesetzlichen Änderungen im Bodenschutz- und Abfallrecht

Dieter Koch

1. Einleitung

Mineralische Abfälle, insbesondere Bodenmaterial bzw. Bodenaushub, gehören in Deutschland zu den mengenmäßig größten Abfallströmen. Das Gesamtaufkommen der unter dem Blickwinkel einer Verwertung wichtigsten mineralischen Abfälle lag in den Jahren 2002/2003 bei ca. 250 Mio. Mg, wobei allein der Teilstrom „Boden und Steine“ ca. 140 Mio. Mg betrug [1].

Durch die LAGA-Mitteilung 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln“³ (LAGA M 20) und insbesondere der LAGA-TR „Boden“ wurden bereits seit Mitte der 90er Jahre auf der Grundlage des damals noch geltenden Abfallgesetzes (AbfG) im Auftrag der Umweltministerkonferenz (UMK) unter der Federführung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) von einer Bund-/Länderarbeitsgruppe (LAGA-AG Mineralische Abfälle) konkrete, abfallspezifische Anforderungen und Zuordnungswerte festgelegt. In Verbindung mit den jeweiligen Einbaubedingungen gewährleisteten die LAGA M 20 eine schadlose Verwertung von Bodenmaterial bei Baumaßnahmen, z. B. Erd-, Landschafts- und Straßenbau. Der Regelungsbereich der „Technischen Regel Boden“ – wie auch die LAGA M 20 insgesamt – umfasst jedoch nicht das Auf- und Einbringen von Bodenmaterial in oder auf eine durchwurzelbare Bodenschicht bzw. das Herstellen einer durchwurzelbaren Bodenschicht unter Verwendung von Bodenmaterial, wenngleich diese häufig in der Vergangenheit hierfür herangezogen wurde.

Mit Inkrafttreten des BBodSchG in 1998 und insbesondere der BBodSchV in 1999 wurden bundesweit einheitliche spezialgesetzliche Regelungen sowie materielle Anforderungen zum

³ Das LAGA-Regelwerk „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln –“ (LAGA-Mitteilung 20) definiert im „Allgemeinen Teil (Teil I)“ übergreifende Verwertungsgrundsätze und stellt, insbesondere aus Sicht des Boden- und Grundwasserschutzes, generelle vorsorgeorientierte Anforderungen an die schadlose Verwertung von mineralischen Abfällen; in den „Technischen Regeln (Teil II)“ werden für definierte mineralische Abfälle (z. B. Bodenmaterial) abfallspezifische Zuordnungswerte festgelegt, die unter Berücksichtigung der jeweiligen Einbaubedingungen eine schadlose Verwertung gewährleisten.

Schutz des Bodens verankert. Diese besitzen auch für eine bodenbezogene Verwendung von mineralischen Abfällen eine erhebliche Relevanz und sind – sofern der Anwendungsbereich eröffnet ist – unmittelbar einzuhalten und/oder strahlen in materieller Hinsicht auf diesbezügliche Anforderungen in anderen Rechtsbereichen, insbesondere auch des Abfallrechts, aus. Nicht zuletzt aus diesem Grunde, aber auch bedingt durch eine Weiterentwicklung und Konkretisierung der Anforderungen des Grundwasserschutzes [2] sowie bedingt durch notwendige Anpassungen an das KrW-/AbfG war es das Ansinnen nach Inkrafttreten von BBodSchG/BBodSchV die LAGA M 20 aus 1997 insgesamt zu überarbeiten und in fachlicher sowie rechtlicher Hinsicht widerspruchsfrei an die o. g. neuen Regelungen und Anforderungen anzupassen.

Nachfolgend soll die Entwicklung und der aktuelle Stand dieser Arbeiten, die schließlich zur Ankündigung des Bundes führten, bundesweit einheitliche Anforderungen an die Verwertung von mineralischen Abfällen zu verankern (Stichwort: Ersatzbaustoffverordnung und Ergänzung § 12 BBodSchV) dargestellt werden. Zunächst sollen aber nochmals die Situation nach Inkrafttreten der bodenschutzrechtlichen Regelungen, vor allem mit Blick auf die Frage der Abgrenzung und Verzahnung zum Abfallrecht erläutert werden, da dies die Grundlage nicht nur für eine widerspruchsfreie Anwendung sondern auch die Änderung bzw. Weiterentwicklung der genannten Rechtsnormen ist.

2. Rechtliche Ausgangssituation nach Inkrafttreten von BBodSchG/BBodSchV

Nach Inkrafttreten der bodenschutzrechtlichen Regelungen gab es zunächst allgemein erhebliche Diskussionen und Unsicherheiten über deren Anwendungsbereich. Insbesondere die Frage nach der Abgrenzung bzw. Verzahnung von Bodenschutz- und Abfallrecht drängte nach einer Klarstellung, da dies notwendige Voraussetzung für die damals geplanten Arbeiten für die einen einheitlichen Vollzug unterstützende Konkretisierung der spezialgesetzlichen Anforderungen des § 12 BBodSchV (Stichwort: Vollzugshilfe § 12) sowie für die geplante Überarbeitung/Anpassung der LAGA M 20 war.

Im Auftrag der UMK hat die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) bereits im Jahre 2000 unter Mitarbeit der Länderarbeitsgemeinschaften Abfall (LAGA) und Wasser (LAWA) sowie unter Beteiligung des Länderausschusses Bergbau (LAB) „*Abgrenzungsgrundsätze zu den Anwendungsbereichen der BBodSchV hinsichtlich des Auf- und Einbringens von Materialien auf und in den Boden von den diesbezüglichen abfallrechtlichen Vorschriften*“ erarbeitet, die von der Amtschefkonferenz (ACK) der UMK zustimmend zur Kennt-

nis genommen wurden⁴. Die wesentlichen Aussagen und Ergebnisse dieser Abgrenzungsgrundsätze lassen sich wie folgt darstellen und begründen: § 3 BBodSchG bestimmt sowohl den Anwendungsbereich des Gesetzes als auch die fachgesetzlichen Vorschriften, neben denen das BBodSchG subsidiär anzuwenden ist. Nach § 3 (1) Nr. 1 BBodSchG⁵ findet hinsichtlich des Abfallrechts das BBodSchG Anwendung, soweit Vorschriften des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) über das Aufbringen von Abfällen zur Verwertung als Sekundärrohstoffdünger oder Wirtschaftsdünger im Sinne des § 1 des Düngemittelgesetzes und der hierzu auf Grund des KrW-/AbfG erlassenen Rechtsverordnungen sowie der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 15. April 1992 Einwirkungen auf den Boden nicht regeln.

Da die in § 3 (1) Nr. 1 BBodSchG genannten Vorschriften die Aufbringung von Stoffen auf Böden unmittelbar regeln, wird das Bodenschutzrecht – und damit auch die Anforderungen der BBodSchV – durch die Vorschriften des Abfallrechts insoweit verdrängt, als es sich um die Aufbringung von Abfällen zur Verwertung als Sekundärrohstoffdünger oder Wirtschaftsdünger handelt, die von § 8 Abs. 2 KrW-/AbfG i. V. m. der AbfKlärV sowie der Bioabfallverordnung (BioAbfV) erfasst werden. In diesen Fällen ist also das Rangverhältnis zwischen bodenschutz- und abfallrechtlichen Vorschriften eindeutig und klar geregelt.

In allen anderen Fällen des bodenbezogenen Einsatzes von Materialien, die zugleich eine Verwertung von Abfällen darstellen, stehen Bodenschutz- und Abfallrecht grundsätzlich nebeneinander. Gleichwohl ergeben sich Verzahnungen: Nach § 5 Abs. 3 KrW-/AbfG hat eine Verwertung von Abfällen ordnungsgemäß und schadlos zu erfolgen. Eine Abfallverwertung erfolgt ordnungsgemäß, wenn sie im Einklang mit den Vorschriften des KrW-/AbfG und anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften steht. Zu den anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften gehören auch solche des Bodenschutzes, hier insbesondere die BBodSchV. Eine Abfallverwertung erfolgt schadlos, wenn durch die Verwertung eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit nicht zu erwarten ist. Eine Beeinträchtigung liegt u. a. vor, wenn der Boden schädlich beeinflusst wird. Materielle Anforderungen hinsichtlich einer Schädlichkeit enthält das KrW-/AbfG selbst nicht, noch existieren – mit Ausnahme der bereits o. g. Vor-

⁴ 26. ACK-Umwelt am 11./12.10.2000 in Berlin, TOP 53.1: Anpassung der Zuordnungswerte des LAGA-Regelwerkes „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln“ an die Vorgaben der Bundes-Bodenschutzverordnung

⁵ Bezüglich der Abgrenzung von BBodSchG zum Abfallrecht enthält § 3 (1) Nr. 2 BBodSchG darüber hinaus Bestimmungen, in welchen Fällen das Gesetz subsidiär zur Anwendung kommt; diese werden aber nachfolgend nicht weiter diskutiert.

schriften, deren Rangverhältnis über § 3 (1) BBodSchG geregelt ist – entsprechende, auf Abfallrecht gestützte Rechtsvorschriften⁶. Die fachliche Bewertung hat anhand anderer schutzgutbezogener Standards zu erfolgen. In Betracht kommen insbesondere Grundsätze und Werte bodenschutzrechtlicher Vorschriften (hier insbesondere BBodSchV), die somit, sofern sie nicht bereits über den Begriff der Ordnungsmäßigkeit unmittelbar Anwendung finden, über den Begriff der Schadlosigkeit zu berücksichtigen sind.

Wichtige spezialgesetzliche Regelungen und Anforderungen im Hinblick auf eine bodenbezogene Verwertung von Materialien sind in § 12 BBodSchV normiert. Die materiellen Anforderungen des § 12 BBodSchV dienen der Erfüllung der Vorsorgepflicht nach § 9 BBodSchV für die Fallgestaltungen „*Herstellen einer durchwurzelbaren Bodenschicht*“ bzw. „*Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in eine durchwurzelbare Bodenschicht*“. Für diese Fallgestaltungen gilt somit § 12 BBodSchV unmittelbar.

Die durch die BBodSchV konkretisierten Anforderungen sind jedoch nicht nur auf die durchwurzelbare Bodenschicht beschränkt. Unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht, also auch mit Blick auf den Regelungsbereich der LAGA M 20, ergeben sich die materiellen Anforderungen aus Sicht des Bodenschutzes insbesondere aus der in § 7 BBodSchG normierten und durch § 9 BBodSchV konkretisierten Vorsorgepflicht. Danach darf durch eine Verwertung von Abfällen nicht die Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung hervorgerufen werden.

Bei der Verwertung mineralischer Abfälle unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht ist aus Sicht des Bodenschutzes dabei zwischen den sog. „bodenähnlichen Anwendungen“ und „technischen Bauwerken“ zu unterscheiden. Bei „bodenähnlichen Anwendungen“ (Verfüllung von Abgrabungen und Senken mit geeignetem Bodenmaterial sowie Verwertung von Bodenmaterial im Landschaftsbau außerhalb von technischen Bauwerken) steht die (Wieder-) Herstellung oder Sicherung der natürlichen Bodenfunktionen im Vordergrund. Dies hat zur Folge, dass von den zur Verwertung vorgesehenen Abfällen nicht nur keine Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung im Hinblick auf den seitlich oder unterhalb der Verwertungsmaßnahme anstehenden Boden ausgehen darf, sondern darüber hinaus auch nur für den Verwertungszweck geeignete Abfälle, i. d. R. Bodenmaterial, in Frage kommen. Dagegen muss bei „technischen Bauwerken“, also mit dem Boden verbundenen Anlagen, die aus Bauprodukten und/oder mineralischen Abfällen hergestellt werden und

⁶ Die „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln“ (LAGA-Mitteilung 20) sind formal keine Rechtsvorschriften i. S. d. § 3 BBodSchG.

technische Funktionen erfüllen (z. B. Straßen, Wege, Verkehrs-, Industrie-, Gewerbeflächen, Lärm-, Sichtschutzwälle, Gebäude einschließlich Unterbau) aus Sicht des Bodenschutzes (nur) gewährleistet sein, dass von diesen insgesamt keine Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung auf den unterlagernden oder seitlich angrenzenden Boden ausgeht.

Die Anwendbarkeit des Bodenschutzrechts und daraus resultierend das Erfordernis der Einhaltung der materiellen Maßstäbe des vorsorgenden Bodenschutzes wurde jedoch insbes. bei Verfüllungen von Abgrabungen, also außerhalb des über § 12 BBodSchV spezialgesetzlich geregelten Bereichs, von Teilen der betroffenen Wirtschaft zunächst in Frage gestellt. Spätestens jedoch mit dem sog. Tongrubenurteil⁷ des BVerwG aus dem Jahre 2005 [3] wurde bestätigt, dass im Rahmen eines bergrechtlichen Zulassungsverfahrens die materiellen Maßstäbe des BBodSchG und der BBodSchV inhaltlich voll anwendbar sind. Darüber hinaus hat das BVerwG klargestellt, dass § 10 Abs. 1 Satz 2 BBodSchV Vorkehrungen gegen Schadstoffeinträge beim Aufbringen von Material nicht darauf beschränkt, bei einer Überschreitung der Vorsorgewerte Maßnahmen zur Sicherung gegen die Schadstoffausbreitung und zur Überwachung vorzusehen. Vielmehr sind Schadstoffeinträge auch im Rahmen der Änderung von Anlagen oder Verfahren zu vermeiden oder wirksam zu vermindern. D. h., technische Sicherungsmaßnahmen können eine Überschreitung der Vorsorgewerte nicht rechtfertigen bzw. sind diese nicht zur Kompensation einer Überschreitung der Vorsorgewerte bestimmt. Hinsichtlich der LAGA M 20 hat das BVerwG – nicht überraschend – weiterhin festgestellt, dass die Belange des Bodenschutzes nicht anhand der LAGA M 20 mit der dazu gehörender „Technischer Regel Boden“, Stand 06.11.1997, konkretisiert werden. Eine Heranziehung scheidet schon deshalb aus, weil diese Regeln mit Stand 1997 das geltende Bodenschutzrecht nicht berücksichtigen (konnten).

3. Entwicklung und Stand der geplanten gesetzlichen Änderungen im Bodenschutz- und Abfallrecht

Im Auftrag der UMK hat die eingangs erwähnte LAGA-AG „Mineralische Abfälle“ mit der notwendigen Überarbeitung und Anpassung zunächst des „*Allgemeinen Teil*“ (Teil 1) der LAGA M 20, Stand 1997, in dem die übergreifenden Verwertungsgrundsätze und konkretisie-

⁷ Mit Urteil vom 14. April 2005 hat das BVerwG über den Abschlussbetriebsplan nach Bundesberggesetz zur Verfüllung einer Tongrube mit bestimmten industriellen Reststoffen bis zur Einbauklasse Z 2 entsprechend LAGA-Merkblatt M 20 entschieden. Das BVerwG hob das die Genehmigung bestätigende Urteil des Berufungsgerichts OVG Koblenz auf und verwies es zur erneuten Verhandlung und Entscheidung zurück

rende Anforderungen an eine schadlose Verwertung mineralischer Abfälle verankert sind, begonnen. Mit Blick auf die im Vollzug weit verbreitete Anwendung hatte es zuvor eine Verständigung zwischen LAGA und LABO dahingehend gegeben, die Konkretisierung der bodenschutzrechtlichen/-fachlichen Anforderungen außerhalb des Regelungsbereichs von § 12 BBodSchV dem zu überarbeitenden LAGA M 20 zu überlassen (hier war neben dem „Allgemeinen Teil“ insbes. die *Technische Regel Boden* von Relevanz). Wesentliche Grundlagen für die Überarbeitung/Anpassung waren aus Sicht des Bodenschutzes einerseits die in Kapitel 2 erläuterten „Abgrenzungsgrundsätze“, aber auch die fachlichen Konkretisierungen im sog. Bericht „Verfüllung von Abgrabungen“⁸ [4]. In diesem Bericht wurde u. a. dargelegt, dass aufgrund der Anforderungen des vorsorgenden Boden- und Gewässerschutzes i. d. R. nur unbelastetes, d. h. Bodenmaterial das die Vorsorgewerte gem. BBodSchV einhält, zur Verfüllung von Abgrabungen (z. B. Kies-, Sand- und Tongruben) verwertet werden darf. Mit dem Bericht wurde aber auch das Verhältnismäßigkeitsprinzip und Ausnahmen von der „in der Regel“-Vorschrift des § 9 Abs. 1 BBodSchV definiert: Die Ausnahmetatbestände, für die unter Einhaltung gewisser Randbedingungen max. verdoppelte Vorsorgewerte der Kategorie Lehm/Schluff zugelassen werden, haben dabei allerdings eine weite Auslegung erhalten. Der Ständige Ausschuss „Bodenschutzrecht“ der LABO hatte hierzu im Nachgang festgestellt, dass diese ohne den Vorwurf der Umkehrung des Regel-/Ausnahmeverhältnisses des § 9 (1) BBodSchV im Wege der Auslegung nicht weiter ausgedehnt werden können.

Die wesentlichen Eckpunkte des Berichts „Verfüllung von Abgrabungen“ wurden bei der Überarbeitung des „Allgemeinen Teils“ (hier insbes. mit Blick auf die bodenähnlichen Anwendungen bzw. der Einbauklasse Z 0/Z 0*) übernommen. Die Arbeiten konnten schließlich nach zuvor erfolgter breiter fachlich/rechtlicher Abstimmung zwischen LAGA, LABO und LAWA im Jahre 2003 durch Zustimmung der 32. ACK-Umwelt⁹ zur Veröffentlichung des „Allgemeinen Teil“, Stand 06.11.2003, erfolgreich abgeschlossen werden.

Auf dieser Grundlage wurde in einem zweiten Schritt mit der Überarbeitung/Anpassung der einzelnen Technischen Regeln (Teil II des LAGA M 20), und hier zunächst mit der „Technischen Regeln für die Verwertung von Bodenmaterial“ (*TR Boden*), begonnen. Ein Hauptanliegen der Anwender und vor allem der betroffenen Wirtschaft im Zuge der Überarbeitung

⁸ der Bericht „Verfüllung von Abgrabungen“ wurde von der LABO (Federführung), LAWA und LAGA unter Beteiligung des LAB erarbeitet; die 58. UMK am 06./07.06.2002 unter TOP 14 und von der Wirtschaftskonferenz am 14./15.05.2003 zustimmend verabschiedet

⁹ 32. ACK am 06.11.2003 in Berlin, TOP 20: LAGA-Mitteilung 20 Anforderung an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln – Allgemeiner Teil

war, dass die Ableitung der sog. Zuordnungswerte, Feststoff- als auch der Eluatwerte, nachvollziehbar und transparent erfolgen sollte. Diesem Anliegen wurde im Rahmen der Überarbeitung der *TR Boden* Rechnung getragen: Während sich die (neuen) Feststoffwerte im Bereich der „bodenähnlichen Anwendungen“ fachlich/rechtlich vor allem aus den bodenschutzrechtlichen Vorsorgewerten herleiten ließen [5], fanden die (neuen) Eluatwerte ihre Verankerung im LAWA-Konzept „Grundsätze des vorbeugenden Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz“ (kurz: GAP) [6]. Im GAP-Konzept wird zur Harmonisierung der Anforderungen an die Beurteilungswerte auf die sog. Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS-Werte) abgestellt. Die GFS-Werte stellen die Schwelle zwischen unerheblich verändertem und erheblich/schädlich verändertem Grundwasser dar. Um allerdings eine klare Trennung zum bodenschutzrechtlichen Gefahrenabwehrbereich für den Pfad Boden-Grundwasser (Anforderung: Einhaltung der Prüfwerte für den Pfad Boden-Grundwasser am Ort der Beurteilung bzw. beim Übergang des Sickerwassertropfens von ungesättigter zu gesättigter Zone) zu gewährleisten, wird mit Blick auf den Vorsorgebereich – die Verwertung mineralischer Abfälle im Regelungsbereich des LAGA M 20 bewegt sich unstreitig im Bereich der Vorsorge – im GAP-Konzept gefordert, dass die GFS-Werte bereits an der Unterkante der wasserdurchlässig eingebauten mineralischen Abfälle bzw. des Abfallkörpers einzuhalten sind [7]. Dadurch kann auch sichergestellt werden, dass die Puffer- und Filterfunktion des Bodens, der die mineralischen Abfälle nach ihrem Einbau unterlagert bzw. umgibt, nicht überbeansprucht wird und die Vorsorge für das Grundwasser somit nicht zu Lasten des Bodenschutzes geht. Dem Wunsch der Anwender und hier insbesondere der betroffenen Wirtschaft Rechnung tragend, sollte – wie auch in den LAGA TR aus 1997 – in der überarbeiteten *TR Boden* die Material spezifisch zulässigen Schadstoffkonzentrationen für die Metalle, Metalloide und Salze im Eluat auch weiterhin auf der Grundlage des S4-Verfahrens festgelegt werden. Die Ergebnisse von S4-Analysen weichen jedoch aufgrund des gegenüber Feldbedingungen hohen Wasser-/Feststoffverhältnisses von 10:1 teilweise deutlich von den Stoffkonzentrationen im Sickerwasser ab (Verdünnungseffekt). Um den natürlichen Verhältnissen besser Rechnung zu tragen, wurde daher ein methodischer Ansatz gewählt, über jeweils spezifische Korrelationen der Stoffkonzentrationen im Bodensättigungsextrakt zu denen im S4-Verfahren, zulässige Schadstoffkonzentrationen im S4-Eluat zu ermitteln. Wegen methodischer Probleme lässt sich allerdings das zuvor erläuterte methodische Vorgehen nicht auf lipophile organische Stoffe (z. B. PAK, PCB) übertragen, so dass für diese Schadstoffe aufgrund der fachlich nachgewiesenen Geeignetheit [8/9] vorgesehen wurde, künftig auf Säulenversuche bzw. max. zulässige Konzentrationen im Säuleneluat abzustellen.

Dieses fachliche Konzept wurde allerdings heftig von der betroffenen Wirtschaft kritisiert. Ein Hauptvorwurf war, dass bei wasserdurchlässiger Bauweise (= uneingeschränkter offener Einbau) mit der Forderung der Einhaltung der GFS-Werte an der Unterkante des eingebauten Abfallkörpers einem übertriebenen Vorsorgegedanke Rechnung getragen würde und somit der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit verletzt würde. Auch gegen die fachliche Methodik der „Übersetzung“ der GFS-Werte in materialbezogene (S4-)Eluatwerte wandte sich die Kritik, u. a. weil diese aus Sicht der Recyclingverbände auf der Grundlage einer nicht für die Böden/Bodenmaterialien insgesamt als repräsentativ geltenden Stichprobe abgeleitet wurden.

In der weiteren Bearbeitung und Abstimmung der *TR Boden* zeigte sich schnell, dass damit ein im Kern seitens der LAGA nicht lösbarer Dissens mit den Verbänden der Recyclingwirtschaft bestand. Dies führte schließlich dazu, dass auf die Überarbeitung weiterer Technischer Regeln des Teils II der LAGA M 20 verzichtet wurde und die LAGA ihre AG „Mineralische Abfälle“ im März 2004 auflöste [10]. Die überarbeitete *TR Boden* wurde noch nach Durchführung des Anhörungsverfahrens und anschließender Überarbeitung der 63. UMK¹⁰ im November 2004 vorgelegt. Diese hat die Fortschreibung der LAGA M 20, Teil II, um die *TR Boden*, Stand 05.11.2004, zur Kenntnis genommen, jedoch der von der LAGA angeregten Veröffentlichung nicht zugestimmt. Allerdings hat die Mehrheit der Länder in einer Protokollnotiz erklärt, die überarbeitete LAGA M 20 zu veröffentlichen und in den Vollzug zu übernehmen.

Nach Auflösung der LAGA-AG „Mineralische Abfälle“ und vor dem Hintergrund, dass weiterhin sichergestellt sein muss, dass die Verwertung mineralischer Abfälle nach bundesweit einheitlichen Anforderungen zu vollziehen ist, haben die fachlich betroffenen Länderarbeitsgemeinschaften LABO¹¹, LAGA¹² und LAWA¹³ in gleichlautenden Beschlüssen im Herbst 2005 den Standpunkt vertreten, dass Anforderungen an die Verwertung mineralischer Abfälle in „technischen Bauwerken“ und in „bodenähnlichen Anwendungen“ nunmehr durch den

¹⁰ 63. UMK am 04/05.11.2004 in Niedernhausen, TOP 24: Verwertung von mineralischen Abfällen

¹¹ 28. LABO am 12./13.09.2005 in Limburg, TOP 15: Entscheidung des BVerwG 7 C 26.03. vom 14. April 2005 – Bodenschutzanforderungen bei der Verfüllung einer Tongrube

¹² 85. LAGA am 14./15.09.2005 in Saarbrücken, TOP 12: Anforderungen an die Verwertung von mineralischen Abfällen in technischen Bauwerken und in bodenähnlichen Anwendungen – Auswirkungen des Urteils des BVerwG vom 14.04.2005 (7 C 26.03).

¹³ 129. LAWA am 27./28.09.2005 in Düsseldorf/Hombroich, TOP 10.2: Fortschreibung des technischen Regelwerks der LAGA und der LABO.

Bund über eine Verordnung auf Basis des Bodenschutz- und Abfallrechts geregelt werden sollte. Zuvor hatte die LAGA sog. „Eckpunkte für eine Verordnung über die Verwertung von mineralischen Abfällen“¹⁴ erarbeitet, die nach gemeinsamer Auffassung von LABO, LAGA und LAWA ebenso bei der Erarbeitung einer Verordnung des Bundes zu berücksichtigen sind, wie die bis dahin schon überarbeiteten Teile der LAGA M 20 („*Allgemeiner Teil*“, Stand 06.11.2003/*TR Boden*, Stand 05.11.2004) und das Urteil des BVerwG vom 14. April 2005 („Tongrubenurteil“). Im LAGA-Eckpunktepapier wurde u. a. vorgeschlagen, Anforderungen an die Verwertung von mineralischen Abfällen in technischen Bauwerken (Ziel: Herstellung einer technischen Funktion) einerseits und die Verwertung in bodenähnlichen Anwendungen (Ziel: Herstellung natürlicher Bodenfunktionen) andererseits in zwei verschiedenen Regelwerken auf der Grundlage von Abfall- und Bodenschutzrecht zu regeln. LABO, LAGA und LAWA haben darüber hinaus die Auffassung vertreten, dass die überarbeitete *TR Boden* die Vorgaben des BVerwG in Gestalt des „Tongrubenurteils“ berücksichtigt. Daher sei die *TR Boden*, Stand 05.11.2004, eine geeignete Grundlage für die ordnungsgemäße und schadlo- se Verwertung gem. § 5 (3) KrW-/AbfG im Übergangszeitraum bis zur Verabschiedung einer Bundesverordnung.

Im Ergebnis der Bitte von LAGA, LAWA und LABO an den Bund, eine bundesrechtliche Re- gelung mit Anforderungen an die Verwertung von mineralischen Abfällen zu erlassen, hat sich das BMU im Frühjahr 2006 bereit erklärt diese Aufgabe zu übernehmen. Dem voraus gegangen war ein BMU-Workshop im Februar 2006¹⁵, auf dem sich die Länder und betroffe- ne Interessenverbände mit überwiegender Mehrheit für die Schaffung einer Bundesregelung ausgesprochen hatten. Das BMU kündigte Ende 2006 an, nach Abschluss der Prüfung der LAGA-Eckpunkte und insbesondere nach Auswertung des BMBF-Vorhabens „Si- ckerwasserprognose“ im Frühjahr 2007 einen 1. Arbeitsentwurf vorzulegen. Innerhalb des BMBF-Vorhabens „Sickerwasserprognose“ sollte ein wissenschaftlich begründetes Verfah- ren zur Durchführung einer Sickerwasserprognose¹⁶ entwickelt werden. Ein Förderschwer- punkt war dabei die Untersuchung des Gefährdungspotenzials von wiedereingebauten Re-

¹⁴ Die LAGA-Eckpunkte enthalten auch Anforderungen an die Verfüllung von Abgrabungen, die denen des Berichtes „Verfüllung von Abgrabungen“ und der „Technischen Regel Boden“, Stand 05.11.2010, entsprechen.

¹⁵ <http://www.bmu.de/abfallwirtschaft/downloads/doc/36780.php>

¹⁶ § 3 Abs. 3 BBodSchV fordert, dass zur Bewertung der von einer Verdachtsfläche oder altlastver- dächtigen Fläche ausgehenden Gefahren für das Grundwasser eine Sickerwasserprognose zu erstel- len ist (Bewertung des Pfades Boden-Grundwasser); diese kann mit Hilfe von Stofftransportmodellen oder verbal-argumentativ erfolgen.

cyclingmaterialien bzw. Ersatzbaustoffen für das Grundwasser. In diesem Zusammenhang sollten auch durch Schüttelversuche bei niedrigen Wasser-/Feststoff-Verhältnissen element-spezifische Näherungsfunktionen bestimmt werden, um die Stoffkonzentrationen unter natürlichen (Einbau-)Bedingungen besser abschätzen zu können.

Im November 2007 legte das BMU schließlich einen 1. Arbeitsentwurf einer „*Verordnung über den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung*“ vor, wobei die Konzeption und Struktur dieser Artikelverordnung dem Vorschlag des LAGA-Eckpunktepapiers folgten: Die Anforderungen an den Einbau von mineralischen Abfällen zu technischen Zwecken (z. B. Straßen- und Wegebau) sind Gegenstand von Artikel 1 „Verordnung über den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken“ (sog. Ersatzbaustoffverordnung) und stützt sich sowohl auf Abfall- als auch Bodenschutzrecht. Die Anforderungen an die Verwertung von mineralischen Materialien unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht wurden aufgrund der Ermächtigung des § 6 BBodSchG durch eine Änderung der BBodSchV in einem neu gefassten, erweiterten § 12 BBodSchV um einen „§ 12a Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Material unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht“ verankert. Diese Regelungen wurden in Artikel 2 „Änderung der BBodSchV“ des 1. Arbeitsentwurfs festgelegt.

Im 1. Arbeitsentwurf der „Ersatzbaustoffverordnung“ werden zwei wesentliche Anforderungen für den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen geknüpft. Zum einen müssen die jeweiligen Materialien spezifische Materialwerte einhalten, die sich (allein) auf das Eluat, also die im wässrigen Extrakt gelösten Schadstoffe, beziehen. Der Entwurf rückt unter Würdigung der Ergebnisse des BMBF-Vorhabens „Sickerwasserprognose“ dabei von dem bislang in der Praxis weitverbreiteten und im LAGA M 20 verankerten S4-Verfahren ab und stellt nunmehr auf einen Säulenschnelltest mit einem Wasser-/Feststoffverhältnis von 2:1 ab, da mit diesem die mittelfristig auftretenden Konzentrationen im Sickerwasser wesentlich realitätsnäher abgebildet werden können. Zum anderen wurden über sog. „Einbautabellen“ im Anhang jeweils materialspezifisch zulässige Einbauweisen in Abhängigkeit von den Eigenschaften der Grundwasserdeckschichten am Einbaustandort (Bewertungskriterium für die Geschütztheit des Grundwassers) vorgegeben. Hierzu wurde in der Begründung zum Entwurf ausgeführt, dass sich die materialspezifische Zulässigkeit zur Verwertung in der jeweiligen Einbauweise aus dem Ergebnis einer vorgezogenen Sickerwasserprognose ergäbe. Bei der Berechnung der materialspezifischen Eluatwerte, die das LANU NW im Auftrag des BMU durchgeführt hat, hätten einerseits das unterschiedliche Auslaugverhalten der geregelten Ersatzbaustoffe

Berücksichtigung gefunden. Mit Blick auf das schadstoffbezogene Abbau- und Rückhaltevermögen der Böden gegenüber Metallen und PAK wurde andererseits die Annahme getroffen, dass die GFS-Werte nicht mehr an der Unterkante des eingebauten Abfallkörpers einzuhalten sind, wie dies im GAP-Konzept gefordert wird, sondern nunmehr nach einer Sickerstrecke von 1 m durch den unterlagernden Boden. Bezüglich der Fähigkeit zur Pufferung und Filterung von Schadstoffen wurde dabei zwischen den Bodenarten Sand und Lehm/Schluff differenziert, wobei als weitere Bedingung bei der Ableitung der zulässigen Eluatwerte mit Blick auf die Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes berücksichtigt wurde, dass die Puffer- und Filterfunktion des Bodens nicht überbeansprucht werden darf (Ausnutzung der Filter- und Pufferfunktion zu max. 50 %, berechnet aus der Differenz zwischen Vorsorge- und Hintergrundwert für Unterböden der jeweiligen Bodenart).

In den Stellungnahmen der Länder zum 1. Arbeitsentwurf „Ersatzbaustoffverordnung / Überarbeitung § 12 BBodSchV“ wurde zwar mehrheitlich im Grundsatz begrüßt, dass das BMU dem Wunsch der Länder gefolgt sei, bundeseinheitliche Anforderungen für die Bewertung der Schadlosigkeit der Verwertung mineralischer Abfälle festzulegen und gleichzeitig die BBodSchV um Anforderungen an die Verwertung mineralischer Abfälle in bodenähnlichen Anwendungen zu ergänzen und dies in zwei getrennten Verordnungen zu regeln. Allerdings wurde u. a. bemängelt, dass die jeweiligen Anwendungsbereiche noch nicht ausreichend bestimmt definiert bzw. klar voneinander abgegrenzt seien. Auch seien – wie mit gemeinsamem Beschluss von LABO, LAGA und LAWA im Herbst 2005 gefordert – wesentliche fachlich/rechtliche Vorarbeiten bzw. Grundlagen (LAGA-Eckpunkte, TR Boden, Tongrubenurteil) noch nicht hinreichend berücksichtigt. Nicht gewährleistet sei auch, dass die Grundlinie der bodenschutzrechtlichen Vorsorge eingehalten werde. Die Ableitung der einzuhaltenden materialspezifischen Eluatwerte sei noch nicht hinreichend dargelegt und daher nicht nachvollziehbar. Die „Einbautabellen“ der Ersatzbaustoffverordnung wurden zudem von einigen Ländern als zu komplex und wenig vollzugstauglich bewertet. Nicht hinnehmbar sei auch der fast gänzliche Verzicht auf zulässige Feststoffgehalte, insbes. im Rahmen der „Überarbeitung § 12 BBodSchV“. Insgesamt wurde der 1. Arbeitsentwurf der Artikelverordnung als deutlich überarbeitungsbedürftig angesehen. Die Länder boten hierzu ihre weitere Mitarbeit an.

Im Ergebnis der vorgetragenen Kritik im Rahmen der Anhörung zum 1. Arbeitsentwurf der Artikelverordnung führte das BMU einen weiteren Workshop im Mai 2008¹⁷ mit Vertretern der

¹⁷ Workshop „Anforderungen an den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe und an Verfüllungsmaßnahmen“, 20./21. Mai 2008, Umweltbundesamt, Dessau;
<http://www.bmu.de/abfallwirtschaft/downloads/doc/42050.php>

betroffenen Wirtschaft, der Landesministerien und –verwaltungen, Umweltverbände und Vertretern der Wissenschaft durch. Ein Ziel war es, den fachlich/wissenschaftlichen Hintergrund für die Herleitung der materialspezifischen Eluatwerte in der Ersatzbaustoffverordnung zu erläutern und zentrale Punkte der geplanten Verordnungen vertieft zu diskutieren¹⁸. BMU kündigte an, nach Auswertung der Ergebnisse des Workshops und unter Berücksichtigung der Stellungnahmen der Anhörung sowie noch ausstehender Forschungs- und Evaluierungsergebnisse (Überprüfung der Modellierung bestimmter Einbauweisen, Aufnahme neuer Stoffe, Durchführung repräsentativer Untersuchungen zur Konkretisierung des Elutionsverhaltens natürlicher Böden etc.) zeitnah – ursprünglich im Herbst 2008 – einen 2. Arbeitsentwurf vorzulegen.

Die weitere Verzögerung der Vorlage eines 2. Arbeitsentwurfs – aktuell hat BMU die Vorlage für Herbst 2010 in Aussicht gestellt – begründete BMU vor allem mit den vorrangigen Arbeiten an der „Verordnung zum Schutz des Grundwassers – Grundwasserverordnung (GrwV)“, mit der vor allem zwingende EU-rechtliche Vorgaben zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung umgesetzt werden sollen. Erst nach Vorlage eines Entwurfs der GrwV könne ein notwendiger Werteabgleich zwischen den Ergebnissen der Untersuchungen zum Elutionsverhalten von Böden mit den in der GrwV festzulegenden Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt (Schwellenwerte) vorgenommen werden. Der Entwurf einer GrwV befindet sich mittlerweile im Gesetzgebungsverfahren.

4. Zusammenfassung

Nach Inkrafttreten des BBodSchG und BBodSchV in den Jahren 1998 bzw. 1999 war es erforderlich geworden die LAGA M 20 zu überarbeiten und an die neuen rechtlichen Vorgaben des Bodenschutzes, der Abfallwirtschaft (KrW-/AbfG) und auch an die weiterentwickelten und konkretisierten Anforderungen des Grundwasserschutzes anzupassen. In einem ersten Schritt wurde zunächst der „Allgemeine Teil“ der LAGA M 20 im breiten Konsens überarbeitet, abgestimmt und im Jahre 2003 veröffentlicht. Bei der anschließenden Überarbeitung der ersten materialspezifischen Technischen Regel des Teil II der LAGA M 20, der Technischen Regel Boden, offenbarte sich jedoch ein im Kern durch die LAGA nicht lösbarer Dissens mit den Verbänden der Recyclingwirtschaft. Im Ergebnis dessen wurde der Bund bereits im Jahre 2005 gebeten, gestützt auf Abfall- und Bodenschutzrecht bundeseinheitliche

¹⁸ Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens zur Ableitung der Materialwerte und Einbauweisen (LANUV NRW) stehen unter dem Link:

<http://www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft/publikationen/ersatzbaustoffe.pdf> zur Verfügung.

rechtliche Anforderungen an die Verwertung mineralischer Abfälle in technischen Bauwerken und bodenähnlichen Anwendungen zu erarbeiten. Dem Wunsch der Länder, aber auch der betroffenen Wirtschaft folgend, legte das BMU im Jahre 2007 schließlich einen 1. Arbeitsentwurf einer „*Verordnung über den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung*“ vor. Wenngleich die Konzeption, die Verwertung mineralischer Abfälle in technischen Bauweisen und in bodenähnlichen Anwendungen in zwei getrennten Verordnungen regeln zu wollen grundsätzlich begrüßt wurde (Stichwort: Ersatzbaustoffverordnung und Erweiterung § 12 BBodSchV), wurde der 1. Arbeitsentwurf aus Sicht der Länder als noch nicht hinreichend für einen bundesweit einheitlichen rechtssicheren Vollzug und damit als stark überarbeitungsbedürftig eingestuft. Das BMU hat seit längerem angekündigt, einen 2. Arbeitsentwurf unter Berücksichtigung der in der Anhörung zum 1. Entwurf vorgetragenen Kritik und ergänzender Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen vorlegen zu wollen.

5. Literatur

- [1] **Dehoust, G., Küppers, P., Gebhardt, P., Rheinberger, U. & Hermann, A. (2008):** Aufkommen, Qualität und Verbleib mineralischer Abfälle – Endbericht; Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes, FuE-Vorhaben Förderkennzeichen 204 33 325; UBA-Publikationen, Mai 2008.
- [2] **Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2002):** Grundsätze des vorsorgenden Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz (GAP); Hannover (www.LAWA.de).
- [3] **Bundesverwaltungsgericht:** Urteil vom 14.04.2005 (Az. 7 C 26.03).
- [4] **Dinkelberg, W, Bertram, H.-U., Freytag, K, Leuchs, W. & Bannick, C. (2003):** Verfüllung von Abgrabungen, Handbuch Bodenschutz, Kennziffer 7770, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- [5] **Bertram, H.-U., Koch, D. & Zerbe, H.-D. (2004):** Ableitung der Feststoffwerte für die Technische Regel Boden der LAGA-Mitteilung 20; Handbuch Bodenschutz, Kennziffer 9252; Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- [6] **Leuchs, W, Delschen, T., Bertram, H.-U., Koch, D., Zerbe, H.-D. & Bannick, C. (2003):** Ableitung von Eluatwerten für die Verwertung von Bodenmaterial als Schüttgut – Konzept und Vorschläge für Zuordnungswerte; Handbuch Bodenschutz, Kennziffer 3750, Erich-Schmidt-Verlag, Berlin.
- [7] **Böhme, M. & Leuchs, W. (2002):** Grundsätze des vorbeugenden Grundwasserschutzes – Strategiepapier der LAWA für die Abfallverwertung und den Produkteinsatz; Bodenschutz Heft 4/2002, S. 124-129.

- [8] **Grathwohl, P. (2003):** Gutachten zur Beschreibung von fachlichen Eckpunkten für die Festlegung von Zuordnungswerten der Einbauklasse 1.1 (Z 1.1) für organische Schadstoffe in mineralischen Abfällen; UBA-Forschungsbericht 363 01 047, UBA Texte 37/04, Berlin.
- [9] **Henzler, R. & Grathwohl, P. (2005):** Elutionsverfahren zur Ermittlung der Quellstärke im Rahmen einer Sickerwasserprognose – Durchführung und Interpretation der Ergebnisse; altlasten spektrum 6/2005, S. 323-330.
- [10] **Bertram, H.-U. & Bannick, C.G. (2004):** Die LAGA-Mitteilung 20 – Möglichkeiten und Grenzen, WLB-Terra Tech 5/2004, Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Materielle Maßstäbe für die Ableitung der Prüfwerte des Pfades Boden - Grundwasser

Jens Utermann

1. Einleitung

Die BBodSchV (BGBL. I 1999) sieht in ihrer derzeit gültigen Fassung für die Bewertung des Pfades Boden-Grundwasser den Bodensättigungsextrakt als Referenzverfahren zur Untersuchung von Bodenmaterial vor und listet in Anhang 2 Prüfwerte als materiellen Maßstab u.a. für den Einstieg in eine Detailuntersuchung im nachsorgenden Bodenschutz. Der Bodensättigungsextrakt hat sich weder in der Praxis der Altlastuntersuchungen noch im Verwertungsbereich durchgesetzt. Im Regelfall kommt bisher eine wässrige Elution bei einem Wasser-Feststoffverhältnis (W/F) von 10:1 (DIN 38414-4) zum Einsatz. Wie u.a. die umfangreichen Quellstärkeuntersuchungen von unterschiedlichsten Materialien im Rahmen des BMBF-Förderschwerpunktes „Sickerwasserprognose“ belegen, unterschätzt die wässrige Elution bei einem W/F von 10:1 die tatsächliche Stofffreisetzung und –auswaschung deutlich. Hinzu kommt, dass für einige Materialien im Zuge von Verwertungsmaßnahmen der Bodensättigungsextrakt nicht durchführbar ist. Die Themengruppe Boden-Grundwasser des BMU hat sich dafür ausgesprochen, eine wässrige Elution bei einem Wasser-Feststoffverhältnis (W/F) von 2:1 als Referenzverfahren für Untersuchungen des Pfades Boden-Grundwasser vorzuschlagen, da mit diesem W/F-Verhältnis realistischere Abschätzungen der mittelfristigen Stofffreisetzungen möglich sind. Mittlerweile existieren für Spurenelemente DIN-Normen für die wässrige Elution von Materialien bei einem W/F von 2:1 sowohl als Perkolationsverfahren (DIN 19528) als auch als Schüttelverfahren (DIN 19529).

Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat zeitgleich zu diesen Entwicklungen neue Geringfügigkeitsschwellen- (GFS) Werte für die gesättigte Bodenzone abgeleitet, die auch Eingang in den vorliegenden Entwurf der Grundwasserverordnung zur Charakterisierung des guten chemischen Zustands von Grundwässern gefunden haben. Vor dem Hintergrund der laufenden Arbeiten zur Aktualisierung der BBodSchV, und hier insbesondere im Hinblick auf die Regelungen zur Verfüllung von Abgrabungen sowie zur Sickerwasserprognose war zu prüfen, inwieweit sich die GFS-Werte auf die Spurenelementgehalte in wässrigen Eluaten bei einem W/F von 2:1 als Schwellenwerte für eine nur geringfügige Belastung von Böden anwenden lassen. Die Auswertungen zielen auf die Ermittlung von Hintergrundwerten im Sinne eines oberen Schwellenwertes für gelöste Spurenelemente im 2:1 Eluat von unkontaminierten Standorten. Hintergrund der Auswertungen ist die Hypothese, dass Böden, die diese Hintergrundwerte im 2:1 Eluat unterschreiten und insofern „normale“ Böden sind, in

ihrer derzeitigen Stoffausstattung in der Fläche keine Gefährdung für das Grundwasser darstellen. Gleichzeitig wird mit der gewählten Vorgehensweise auch im Hinblick auf die derzeitige Regelung in der BBodSchV im Kern ein Paradigmenwechsel insofern vollzogen, als die materiellen Maßstäbe für den Pfad Boden-Grundwasser unmittelbar mit einem Elutionsverfahren (W/F 2) gekoppelt sind.

2. Material und Methoden

Probenmaterialien

Es wurden 879 Bodenproben von 296 Monitoringstandorten unter landwirtschaftlicher und forstlicher Nutzung in die Auswertung einbezogen. Hierbei entfallen 354 Proben auf Standorte unter Ackernutzung, 85 Proben auf Standorte unter Grünlandnutzung und 440 Proben auf Standorte unter forstlicher Nutzung. Bei den landwirtschaftlich genutzten Standorten handelt es sich ausnahmslos um Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) aus dem ländlichen Raum. Die forstlich genutzten Standorte stellen eine Auswahl aus dem 8 x 8 km Raster der Bodenzustandserhebung unter Wald (BZE I) in Deutschland dar.

Aus den in Tabelle 1 aufgeführten Wertespannen für wichtige mobilitätsbestimmende Bodeneigenschaften der in die Auswertung einbezogenen Bodenproben wird deutlich, dass das Probenkollektiv das Spektrum der in Deutschland verbreitet auftretenden Böden in dieser Hinsicht gut repräsentiert. Das Probenkollektiv für die forstlich genutzten Böden weist im Vergleich zu den landwirtschaftlich genutzten Böden im Mittel deutlich niedrigere pH-Werte und korrespondierende KAK_{eff} -Werte auf, während die Gehalte an organischer Substanz tendenziell etwas höher liegen.

Die untersuchten Bodenproben stammen ausschließlich von Standorten des ländlichen Raumes mit diffus-ubiquitärer Belastung. Die Mediane der Spurenelementgehalte im Königswasserextrakt unterschreiten in jedem Fall die in Anhang 2 BBodSchV gelisteten Vorsorgewerte (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn) deutlich, die Maximalwerte liegen nur in wenigen Fällen geringfügig oberhalb der Vorsorgewerte (Utermann & Fuchs, 2010). Das Probenkollektiv für die Böden unter forstlicher Nutzung weist tendenziell (außer bei As, Pb und Mo) niedrigere Mediane der Königswasser-extrahierbaren Elementgehalte auf als die Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung.

Tab. 1: Mobilitätsbestimmende Bodeneigenschaften des Probenkollektivs differenziert nach landwirtschaftlich und forstlich genutzten Böden

	N	Perzentile			Spanne	Nutzung
		5	50	95		
pH (H₂O)	439	4,7	6,6	7,9	4.0 - 8.6	Landwirtschaft
[- log₁₀ (mol L⁻¹)]	440	3,6	4,3	6,6	3.4 - 7.9	Forst
Corg	439	0	0,3	2,9	0 - 11.4	Landwirtschaft
[Masse-%]	440	0,1	1,4	5,8	0 - 13.5	Forst
Ton	439	0,4	17,2	40,5	0.1 - 76.1	Landwirtschaft
[Masse-%]	440	0,9	11,2	42,3	0.1 - 74.3	Forst
KAK_{eff}	439	9,1	85,4	285,3	1.3 - 585.1	Landwirtschaft
[mmolc kg⁻¹]	440	7,6	56,6	316,3	0.6 – 1380	Forst

Herstellung des wässrigen Eluates (W/F 2) und Analytik

Die Herstellung der wässrigen Eluate im Schüttelversuch erfolgte in Anlehnung an die DIN 19529. Es wurden luftgetrocknete, homogenisierte Proben der Korngrößenfraktion < 2mm untersucht. Abweichend von den Vorgaben der DIN 19528 wurde wegen des nur begrenzt verfügbaren Probenmaterials mit Einwaagen von 15 g/Probe gearbeitet. Das in der DIN 19529 vorgegebene Verhältnis von Filtergröße zu filtrierendem Volumen (ca. 1,3) wurde in jedem Fall eingehalten. Die Messung der Elementgehalte im Eluat erfolgte mittels ICP-MS-Quadrupol (Fa. Agilent 7500). In Tabelle 2 sind die anhand der Verfahrensblindwerte als 9-fache Standardabweichung ermittelten Bestimmungsgrenzen aufgeführt wurden.

Tab. 2: Bestimmungsgrenzen [µg L⁻¹] für Spurenelemente im wässrigen Eluat für die Messung am ICP-MS

As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	V	Zn
0,06	0,015	0,05	0,6	0,35	0,06	0,5	0,2	0,8	0,15	0,2	0,065	0,09	1,5

3. Ergebnisse

3.1 Bildung von homogenen Teilkollektiven für die Datenauswertung

Die Ableitung von Hintergrundwerten für Spurenelemente im 2:1 Eluat erforderte zunächst die Identifizierung sinnvoller Differenzierungskriterien/-klassen. Mit Bezug auf den Verwendungszweck der Daten als eine Grundlage für die Festlegung verfahrensspezifischer Prüfwerte für den Pfad Boden-Grundwasser in Anhang 2 BBodSchV sollte die Differenzierung so

einfach wie möglich gehalten werden. Als mögliche Unterscheidungskriterien zur Gruppenbildung wurden u.a. die Bodenartenhauptgruppen sowie die klassierten Humusgehalte nach Bodenkundlicher Kartieranleitung KA 5 (AG Boden, 2005) getestet. Zu diesem Zweck wurden die Elementgehalte im 2:1 Eluat einer Diskriminanzanalyse unterzogen. Hierbei wurde die Trennschärfe geprüft, mit der sich die Grundgesamtheit für die o.g. Differenzierungskriterien (Bodenart, Humusgehalt) in sinnvolle Teilgesamtheiten unterteilen lässt. Als unabhängige Variable gingen die Gehalte in der Lösungsphase, als abhängige Variable entweder die Bodenarten oder die Humusgehalte in die statistische Analyse ein.

In Abbildung 1 ist das Ergebnis der Diskriminanzanalyse für eine Unterteilung der 879 Datensätze nach Humusklassen gemäß KA5 (AG Boden 2005) in Form der Gruppenzentroide für die ersten beiden Diskriminanzfunktionen dargestellt, da dieses Differenzierungskriterium die beste Trennschärfe zeigte. Die ersten beiden Diskriminanzfunktionen mit dem Humusgehalt als differenzierende Variable erklären 94 % der Gesamtvarianz der Datensätze. Die Diskriminanzanalyse belegt unterschiedliche Gruppen für humusfreie bis sehr schwach humose Böden (h0, h1: < 1 % Humus), schwach humose (h2: 1 – < 2 % Humus) und mittel humose Böden (h3: 2 – < 4 % Humus), stark humose Böden (h4: 4 – < 8 % Humus) und sehr stark humose Böden (h5, h6: = > 8 % Humus).

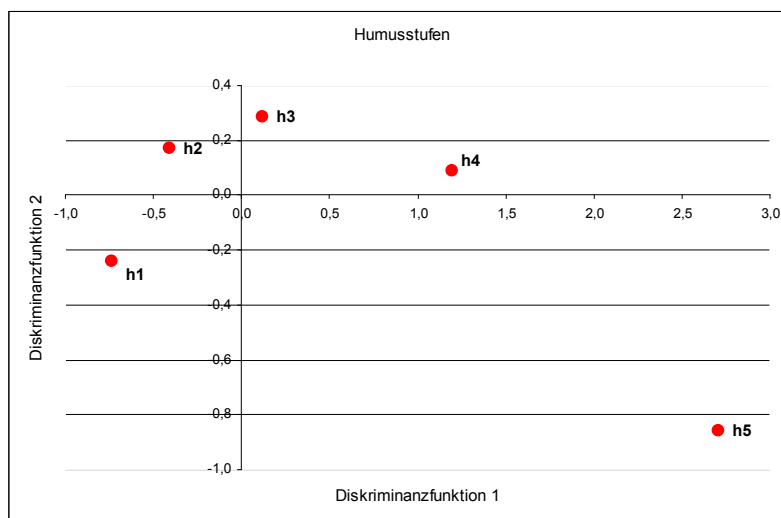


Abb. 1: Gruppenzentroide der ersten beiden Diskriminanzfunktionen für die Humusgehalte (klassiert nach KA 5) als Differenzierungskriterium

Werden die Gehalte im wässrigen 2:1 Eluat elementweise nach Humusklassen differenziert ausgewertet, ergibt sich folgendes Bild: Bei praktisch allen Elementen nehmen die Konzentrationen im 2:1 Eluat unabhängig vom physikochemischen Milieu mit steigendem Humusgehalt der Proben zu. Dies verdeutlichen exemplarisch die in Abbildung 2 dargestellten

Boxplots für Cd und V stellvertretend für überwiegend kationisch (Cd) bzw. anionisch (V) in der Bodenlösung vorliegenden Elemente. Die Abhängigkeit der Elementfreisetzung vom Humusgehalt der Proben lässt sich u.a. zurückführen auf die relativ hohe Affinität vieler Spurenelemente zur organischen Bodensubstanz als Bindungspartner (Schachtschabel et al. 2002, Leinweber et al. 1995) und/oder die verstärkte Mobilisierung der gelösten organischen Substanz (DOM) infolge der Wiederbefeuchtung getrockneter Proben (Jones & Edwards 1993) sowie auf mechanische Einwirkungen auf die Bodenfestphase während des Schüttelprozesses mit der Folge einer erhöhten Freisetzung der Spurenelemente durch physikalische Disintegration.

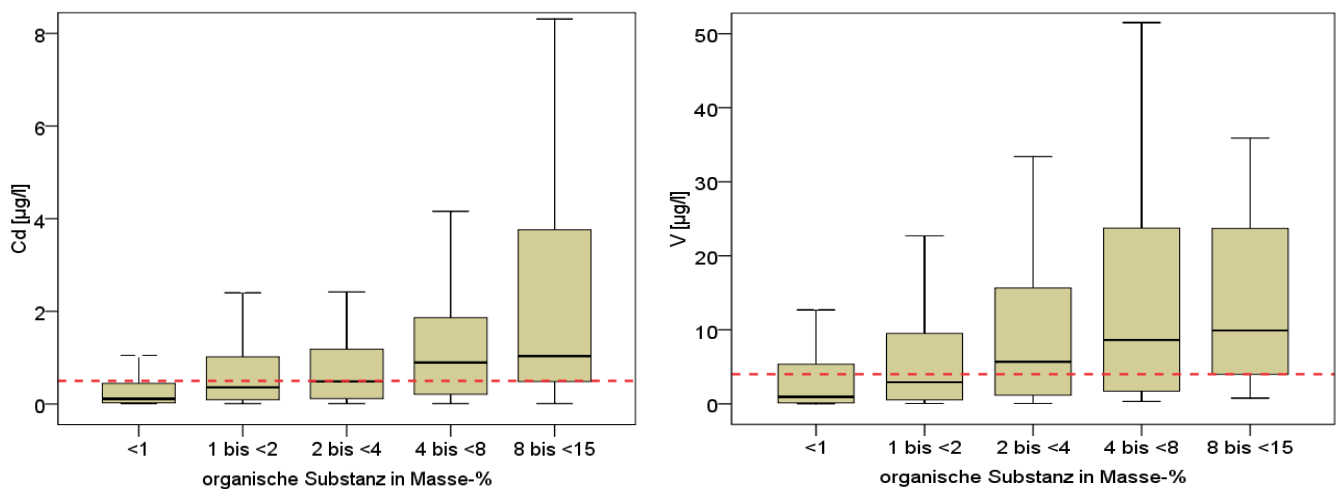


Abb. 2: Whisker-Boxplots für Cd- (links) und V-Konzentrationen (rechts) im wässrigen Eluat (W/F 2) in Böden unter land- und forstwirtschaftlicher Nutzung differenziert nach klassierten Humusgehalten (gestrichelte Linie kennzeichnet das Wertenniveau der GFS)

Neben den Konzentrationen nehmen auch die Konzentrationsspannen mit zunehmendem Humusgehalt der Proben zu. Dies spiegelt primär die regional- und nutzungsspezifisch unterschiedliche Befruchtung der Oberböden in Deutschland mit Spurenelementen wider, da die Proben mit höheren Humusgehalten überwiegend aus Oberbodenhorizonten stammen. Schließlich wird aus Abbildung 2 wird deutlich, dass für die beiden dargestellten - wie auch für zahlreiche weitere Elemente (s. Kap. 3.2) - die zu Vergleichszwecken herangezogenen GFS-Werte von mehr oder weniger großen Anteilen der jeweiligen Stichproben überschritten werden.

3.2 Hintergrundwerte für Spurenelementgehalte im wässrigen Eluat (W/F 2)

Verfahrensspezifische Prüfwerte für Materialuntersuchungen im Hinblick auf den Pfad Boden-Grundwasser dienen u.a. als materieller Maßstab für einen Einstieg in eine weiterge-

hende Detail- bzw. Einzelfalluntersuchung auf den betroffenen Standorten (§ 9 BBodSchG, § 3 BBodSchV). Um unnötige Untersuchungen und damit verbundene Kosten zu vermeiden, sollten derartige Prüfwerte deutlich oberhalb des Konzentrationsniveaus von unkontaminierten Böden liegen, wie sie den hier dargelegten Untersuchungen ausschließlich zugrunde liegen. Als obere Grenze des natürlicherweise zu erwartenden Konzentrationsniveaus der Spurenelemente im wässrigen Eluat (W/F 2) wird das 95. Perzentil der jeweiligen Stichproben vorgeschlagen. Für normalverteilte Zufallsgrößen entspricht das 95. Perzentil näherungsweise der zweifachen Standardabweichung des Mittelwertes. Werte außerhalb der zweifachen Standardabweichung werden oft als Ausreißer betrachtet.

Mit Bezug auf die in Kapitel 3.1 dargelegten Ergebnisse der Untersuchungen zur Unterteilung des Gesamtdatenkollektivs werden im Folgenden als Grundlage für die Ableitung von verfahrensspezifischen Prüfwerten Hintergrundwerte für 2 Teilkollektive abgeleitet: Bodenproben mit < 1 % Humus und Bodenproben mit 1 % - < 4 % Humus. Für die meisten Unterböden wird die Klasse < 1 % Humus greifen, während in Oberböden dominierend die Humusklasse 1% - < 4 % anzutreffen ist.

In den Tabelle 3 sind für alle 14 betrachteten Spurenelemente die Hintergrundwerte als 95. Perzentile differenziert nach dem Humusgehalt aufgeführt und den Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFS) der LAWA gegenübergestellt. In einer gesonderten Spalte wird der prozentuale Anteil der jeweiligen Stichprobe angegeben, der oberhalb der GFS liegt.

In der Gruppe < 1 Masse-% Humus überschreiten die 95. Perzentilwerte von Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V & Zn und somit 8 von 14 Elementen die GFS. Die prozentualen Überschreitungsanteile reichen hierbei von 9 % (Cu, Ni, Zn) bis zu 30 % (V). Keine Überschreitungen zeigen (mit Ausnahme von V) diejenigen Elemente, die in dem relevanten neutralen bis sauren physiko-chemischen Milieu anionisch in der Bodenlösung vorliegen und somit im Gegensatz zu den kationisch vorliegenden Elementen mit sinkendem pH-Wert verstärkt sorbiert werden. Im Falle von Hg und Tl sind die üblicherweise in der Bodenlösung auftretenden Konzentrationen deutlich niedriger als die GFS.

Tab. 3: Hintergrundwerte (95. Perzentile) für Spurenelemente im wässrigen Eluat bei einem W/F 2 (Proben mit < 1 Masse-% und 1 - < 4 Masse-% Humus) im Vergleich zu den GFS-Werten

			< 1 Masse-% Humus		1 - < 4 Masse-% Humus	
	N < 1% / 1 - < 4% Humus	GFS [µg L ⁻¹]	95. Perz. [µg L ⁻¹]	Überschreitungs- anteile GFS [%]	95. Perz. [µg L ⁻¹]	Überschreitungs- anteile GFS [%]
As	316/364	10	7,3	2	13	9
Cd	316/364	0,5	2,0	24	3,7	45
Co	316/364	8	25,7	16	61,4	25
Cr	316/364	7	9,9	10	18,2	27
Cu	316/364	14	18,8	9	40,3	30
Hg	316/364	0,2	0,03	0	0,03	0
Mo	316/364	35	2,3	0	9,0	0
Ni	316/364	14	19	9	30,4	14
Pb	316/364	7	22,3	17	42,8	35
Sb	316/364	5	1,0	0	3,3	2
Se	316/364	7	4,9	0	5,0	1
Tl	316/364	0,8	0,2	0	0,3	1
V	316/364	4	19	30	34,6	51
Zn	316/364	58	94	9	208	32

In der Gruppe 1 - < 4 Masse-% Humus liegen die 95. Perzentilwerte wie in Kap. 3.1 dargestellt auf einem insgesamt höheren Konzentrationsniveau, so dass der Anteil an Proben mit Werten > GFS deutlich ansteigt. Die Anteile der jeweiligen Stichproben, die die GFS überschreiten liegen für die 8 Elemente, für die sich auch schon bei humusarmen Proben GFS-Überschreitungen nachweisen lassen (s.o.), zwischen minimal 14 % (Ni) bis max. 51 % (V). Neben diesen 8 Elementen liegt bei höheren Humusgehalten auch der Hintergrundwert von As oberhalb des GFS-Wertes.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die originär für das Grundwasser abgeleiteten GFS-Werte nicht auf die ungesättigte Zone im Sinne einer Schwelle für nur geringfügige Belastungen übertragen werden können. Für die ungesättigte Zone sind vielmehr Prüfwerte erforder-

derlich, die sich auf ein konkretes Verfahren (hier: wässriges Eluat bei W/F 2) beziehen und mit den für dieses Verfahren anhand von repräsentativen Proben aus der ungesättigten Bodenzone abgeleiteten Hintergrund-werten abgeglichen werden. Für diejenigen Elemente, deren 95 % Perzentilwerte die GFS überschreiten, wurden in den laufenden bodenbezogenen Gesetzgebungsaktivitäten auf Bundesebene (BBodSchV, Ersatzbaustoff-V) die hier dargestellten Hintergrundwerte (95 % Perzentilwerte) im 2:1 Eluat unbelasteter Böden als materieller Bewertungsmaßstab für die ungesättigte Bodenzone im Hinblick auf eine Gefährdungsabschätzung des Pfades Boden-Grundwasser herangezogen.

4. Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund der anstehenden Aktualisierung der BBodSchV sowie der in Erarbeitung befindlichen Ersatzbaustoff-V werden für 14 Spurenelemente (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, V, Zn) Hintergrundwerte (HGW) im wässrigen Eluat bei einem Wasser-Feststoffverhältnis (W/F) von 2:1 abgeleitet. Für die Auswertungen werden 879 Ober- und Unterbodenproben von 296 unbelasteten Monitoringstandorten in Deutschland unter land- und forstwirtschaftlicher Nutzung untersucht. Die Herstellung des wässrigen Eluates bei einem W/F 2 erfolgt im Schüttel-verfahren analog der DIN 19529. Die Analyse auf Spurenelementkonzentrationen erfolgt mittels ICP-MS.

Mit Hilfe von Diskriminanzanalysen kann gezeigt werden, dass sich der Gesamtdatensatz in Teildatensätze trennen lässt, wenn der klassierte Humusgehalt als Differenzierungskriterium herangezogen wird. Die Konzentrationen im wässrigen Eluat nehmen bei allen 14 Spurenelementen unabhängig vom physiko-chemischen Milieu (v.a. pH-Wert) mit steigendem Humusgehalt der Proben zu. Dieser Effekt wird u.a. auf die spezifische Bedeutung der organischen Substanz als Bindungspartner für viele Spurenelemente, eine erhöhte Freisetzung der gelösten organischen Substanz im Zuge der Wiederbefeuchtung getrockneter Proben sowie eine physikalische Disintegration durch die mechanische Beanspruchung der Proben im Zuge des Schüttelprozesses zurückgeführt.

Mit Blick auf die beabsichtigte Schaffung einer Datengrundlage zum Abgleich mit verfahrensspezifischen Prüfwerten für den Pfad Boden-Grundwasser werden HGW für zwei Probenkollektive mit unterschiedlichem Humusgehalt (< 1 Masse-%, 1 - < 4 Masse-%) abgeleitet. Diese Differenzierung trägt zum einen dem oben genannten Schütteleffekt Rechnung und erlaubt andererseits eine Trennung von Oberböden (überwiegend 1 - < 4 Masse-% Humus) und Unterböden (überwiegend < 1 Masse-% Humus).

Als obere Schwelle des typischerweise zu erwartenden Konzentrationsniveaus für Spurenelemente im wässrigen Eluat (W/F 2) wird das 95. Perzentil der Stichproben herangezogen. Dieser HGW wird den Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFS) der LAWA gegenübergestellt. Für 8 von 14 untersuchten Spurenelementen werden für beide Humusklassen HGW ausgewiesen, die die GFS zum Teil deutlich überschreiten. Die Anteile der Stichproben, die die GFS überschreiten, liegen in der Klasse < 1 % Humus zwischen 9 % (Cu, Ni, Zn) und 30 % (V), in der Klasse 1 - < 4 % Humus bei 9 % (As) bis 51 % (V). Auffällig erhöhte HGW im Vergleich zu den GFS werden insbesondere nachgewiesen für V, Cd, Pb, Co, Cr, Zn und Cu. Die GFS-Werte lassen sich folglich nicht auf die ungesättigte Zone im Sinne einer Schwelle für nur geringfügige Belastungen übertragen. Erforderlich sind vielmehr Prüfwerte, die sich auf ein konkretes Verfahren (hier: wässriges Eluat bei W/F 2) beziehen und mit den für dieses Verfahren anhand von repräsentativen Proben aus der ungesättigten Bodenzone abgeleiteten HGW abgeglichen werden.

5. Literatur

- AG Boden (2005):** Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5), 5. verbesserte und erweiterte Auflage. Schweizerbart, 428 pp., Hannover.
- BGBL. I (1998):** Bundesgesetzblatt Teil 1: Gesetz zum Schutz des Bodens; BGBL. I S. 502 ff.
- BGBL. I (1999):** Bundesgesetzblatt Teil 1: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung; BGBL. I S. 1554 ff..
- DIN 38414-4: 10.84:** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S4)
- DIN 19528: 2009-01:** Perkolationsverfahren zur gemeinsamen Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorganischen und organischen Stoffen
- DIN 19529: 2009-01:** Elution von Feststoffen – Schüttelverfahren zur Untersuchung des Elutionsverfahrens von anorganischen Stoffen mit einem Wasser/Feststoff-Verhältnis von 2 l/kg
- Jones, D. & Edwards, A. (1993):** Effect of moisture content and preparation technique on the Composition of soil solution obtained by centrifugation. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24(12), 171-186.
- Jordan, R.; Yonge, D. & Hathhorn, W. (1997):** Enhanced mobility of Pb in the presence of dissolved natural organic matter. Journal of Contaminant Hydrology 29, 59-80.

- Leinweber, P., Paetsch, C., Schulten H.-R. (1995):** Heavy metal retention by organo-mineral particle-size fractions from soils in long-term agricultural experiments. Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 39, Issue 4 August 1995 , p. 271 - 285
- Schachtschabel, P., Blume, H.-P., Brümmer, G.W., Hartge, K.-H., Schwertmann, U. (2002):** Scheffer & Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Auflage. Spektrum-Akademie-Verlag, Heidelberg
- Utermann, J. & Fuchs, M. (2010):** Materialuntersuchungen im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Grundwasser – Hintergrundwerte für Spurenelemente im wässrigen Eluat bei einem Wasser-Feststoffverhältnis von 2:1 (DIN 19529). BGR-Bericht an das BMU, Tgb. Nr. 10069/10, 30 pp.

Fachliche Hintergründe zur Einstufung von Materialien beim Einbau in technische Bauwerke gemäß Ersatzbaustoff-Verordnung

Bernd Susset

Kurzbeschreibung UBA-Fachkonzept, Begriffe und Definitionen :

Die nachfolgend in Anführungszeichen gesetzten Begriffe werden in Tabelle 1 erläutert.

Nach UBA-Fachkonzept (Susset & Leuchs, 2008, www.uba.de) wurden für verschiedene wasserdurchlässige oder teildurchlässige "Einbauweisen" (siehe Definitionen in Tab. 1) von Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken, die in den einschlägigen Technischen Regelwerken des Straßen- und Erdbaus eindeutig definiert sind, und für verschiedene "Bodenszenarien" (1 Meter Sand oder 1 Meter Lehm/Schluff/Ton) Maximalkonzentrationen relevanter Stoffe in *WF 2* – Säulenkurzeluaten nach DIN 19528 (2009) berechnet (so genannte "Medienschutzbasierte Einbauwerte"). Bei Einhaltung dieser Werte kann nach aktuellem Wissensstand mit hinreichender Sicherheit davon ausgegangen werden, dass die Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) bzw. die so genannten "Bezugsmaßstäbe" im Sickerwasser oberhalb des Grundwassers in Übereinstimmung mit den weiterentwickelten Anwendungsregeln und politischen Konventionen des vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes eingehalten werden können. Im Einzelnen wurden für Salze (Chlorid und Sulfat), die keinen relevanten Rückhalteprozessen unterliegen, auf der Grundlage von Typkurven des Abklingverhaltens Maximalkonzentrationen in *WF 2* - Säulenkurzeluaten berechnet, die ein kurzfristiges Abklingen der Salzkonzentration im Sickerwasser am Ort der Beurteilung (bzw. bereits an der Bauwerksunterkante, bei Salzen spielen Rückhalteprozesse und damit die Lage des Ortes der Beurteilung keine Rolle, das Abklingen erfolgt am Ausgang der Quelle) auf die GFS innerhalb von 4 Jahren erlauben. Für retardierbare und ggf. abbaubare Metalle und Organika wurden Maximalkonzentrationen in *WF 2* - Säulenkurzeluaten berechnet, die nach aktuellem Wissensstand die Einhaltung der Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) bzw. der "Bezugsmaßstäbe" im Sickerwasser unterhalb einer 1 Meter mächtigen Rückhalteschicht (ungesättigte Bodenzone) über einen nachhaltigen Beurteilungszeitraum von 200 Jahren erlauben und innerhalb dieses Beurteilungszeitraums die Anreicherung der Stoffe im Feststoff des Bodens gemittelt über 1 Meter Boden auf < 50 % der "Filterkapazität" begrenzen (vgl. Schemaskizze im Anhang, Abb. 1).

Diese "Medienschutzbasierten Einbauwerte" hängen vom Sorptionsvermögen der Stoffe und der Böden, den hydraulischen Verdünnungsprozessen innerhalb eines technischen Bauwerks bzw. einer Einbauschicht (z.B. Frostschutzschicht) und den gemittelten Sickerwasserraten entlang der Bauwerksunterkanten ab. Im Ergebnis resultieren für jede Einbauweise und die verschiedenen Untergrundverhältnisse (ungünstiger Fall: höchster zu erwartender

Grundwasserabstand zwischen 0,1 und 1 Meter, günstige Fälle: höchster zu erwartender Grundwasserabstand > 1 Meter und Unterlagerung von 1 Meter Sand oder Lehm/Schluff/Ton) und für jeden relevanten Stoff unterschiedliche "Medienschutzbasierte Einbauwerte" (ME), die in Susset & Leuchs (2008a) aufgelistet sind.

Die Verwertung eines Ersatzbaustoffes in einer bestimmten Einbauweise und Untergrundkonstellation ist nur dann zulässig, wenn alle Medienschutzbasierten Einbauwerte im Sickerwasser des Ersatzbaustoffes eingehalten werden können. In der Praxis kann nicht jeder Ersatzbaustoff für jede spezifische Einbauweise im Einzelnen untersucht werden. Deshalb müssen allgemein einsetzbare, genormte und geeignete Referenzmethoden zur Abschätzung des Freisetzungsverhaltens der Stoffe in der Quelle (Sickerwasserkonzentrationen) und zur Bestimmung von Grenzkonzentrationen, die durch einen bestimmten mineralischen Ersatzbaustoff in der Praxis typischerweise eingehalten werden können, eingeführt werden. Hierzu wurde als realitätsnächste Methode, basierend auf Ergebnissen des BMBF-Forschungsverbundprojekts "Sickerwasserprognose" und internationalen Forschungsergebnissen, der Säulenversuch empfohlen und genormt. Per Konvention wird die Konzentration bei WF 2 der mittelfristig zu erwartenden mittleren Sickerwasser-Konzentration unterhalb eines technischen Bauwerks mit Ersatzbaustoffen gleichgesetzt.

Die Stärke von Konventionsregelungen liegt in der Vereinfachung komplexer Zusammenhänge, was für ein allgemeingültiges bundeseinheitliches Regelwerk dringend notwendig ist. Anderenfalls könnten nur Einzelfallbetrachtungen bzw. Einzelfallgenehmigungen erfolgen. Die Schwäche von Konventionsregelungen liegt in der Unschärfe der Betrachtungsweise, die sich durch die Vereinheitlichung komplexer Zusammenhänge ergibt (hier: die Gleichsetzung der WF 2-Säuleneluatkonzentrationen mit dem mittelfristig zu erwartenden Sickerwasserkonzentrationen unterhalb von Ersatzbaustoffen). Die Unschärfen der WF 2-Konvention werden im Folgenden, obwohl vielfach veröffentlicht (z.B. Susset & Leuchs, 2008a, Grathwohl & Susset, 2009, Susset & Grathwohl, 2010) und mit den Länderarbeitsgemeinschaften und anderen Fachgremien eingehend diskutiert (z. B. auf der 61. Sitzung des LAWA-AG am 8./9.6.2010 mit Herrn Susset, siehe Protokoll der LAWA) im Folgenden nochmals veranschaulicht.

Unschärfe 1 – unterschiedliche Mittelungszeiträume für die Referenzkonzentration bei WF 2:

Je nach Mächtigkeit der in EBV geregelten Einbauweisen von z.B. 50 cm (z.B. Tragschichten) – z.B. 4 m (z.B. Ober- und Unterbau von Straßendämmen) liegen der WF 2-Konvention unterschiedliche Mittelungszeiträume zu Grunde, weil die Zeitdauer für die Durchströmung eines Materials mit einer bestimmten Sickerwasserrate mit der Mächtigkeit der Bauweise zunimmt. Beispielsweise wird WF 2 in einem 4 m mächtigen Lärmschutzwall mit einer Ein-

baudichte des Ersatzbaustoffes von 1800 kg/m^3 und einer Sickerwasserrate von 300 mm/Jahr in 48 Jahren erreicht (vgl. Gleichungen in Grathwohl and Susset, 2009; Susset and Leuchs, 2008a, b; und LS/time-conversion tools in LeachXS: www.leaching.org). Für eine 50 cm mächtige Tragschicht würde bei sonst gleichen Einbaubedingungen ein Mittelungszeitraum von nur 6 Jahren resultieren. Die der *WF 2*-Konvention entsprechenden Mittelungszeiträume für die Technischen Bauwerke der EBV schwanken folglich im Bereich von wenigen Jahren bis zu 50 Jahren.

Unschärfe 2 – Unterschiedliche Zeiträume der Überschreitung der Grenzwerte innerhalb des Mittelungszeitraums für die *WF 2*-Referenzkonzentration:

Gerade weil das Abklingverhalten von Schwermetallen aufgrund fehlender Datengrundlagen auch wissenschaftlich nicht abschließend geklärt ist bzw. nicht generalisierbar ist, wurde für Schwermetalle und Organika in der EBV per Konvention eine kumulierte Eluatkonzentration bei *WF 2* als Referenzkonzentration bewertet. Damit wird die bekannte und in den Fachgremien eingehend diskutierte Unschärfe, dass trotz Einhaltung der Grenzwerte (je nach Untergrundkonstellation GFS oder BM oder ME) im Mittel im *WF 2*-Eluat (Referenzkonzentration), die Grenzwerte durch die aktuellen Konzentrationen zeitweise überschritten werden können durchaus akzeptiert. Im Extremfall kann der Bezugsmaßstab oder die GFS von Beginn an eingehalten werden. Es ist aber durchaus denkbar, dass aufgrund langsamer diffusiver Freisetzungsprozesse im intrapartikulären Raum im Sickerwasser unterhalb des Ersatzbaustoffes, über sehr lange Zeiträume (z.B. mehrere 100 Jahre) der Bezugsmaßstab oder die GFS erreicht wird oder im „worst-case“ auch langfristig eine Konzentrationsanstieg erfolgen kann. Innerhalb der *WF 2* – Konvention kann nicht unterschieden werden, ob die Konzentrationen langfristig auf $<$ Bestimmungsgrenze zurück geht oder über sehr lange Zeiträume konstante Konzentrationen im Grenzwertbereich vorliegen.

Im anderen Extremfall eines abrupten Konzentrationsabfalls können im niedrigen *WF*-Bereich die aktuellen Konzentrationen im Sickerwasser den Bezugsmaßstab oder die GFS deutlich überschreiten. Gemittelt über den Mittelungszeitraum bis *WF 2* werden diese aber eingehalten. Da wie oben beschrieben je nach Bauweise unterschiedliche Mittelungszeiträume resultieren, können bei mächtigen Bauweisen der EBV im letzteren Extremfall, die Grenzwerte auch länger als kurzfristig (> 4 Jahre) geringfügig überschritten werden. Allerdings ist das Risiko einer längerfristigen, deutlichen Überschreitung, infolge der Bewertung einer Referenzkonzentration bei einem engeren *WF* von 2, hinreichend begrenzt. Die *WF 2*-Konvention stellt gegenüber der bisher üblichen Bewertung des Gefährdungspotentials von Ersatzbaustoffen (und auch Altlasten) in *WF 10* – Schütteleluaten einen deutlichen Fortschritt dar, da wie an anderen Stellen intensiv behandelt (Susset & Leuchs, 2008a,

Grathwohl & Susset, 2009, Susset & Grathwohl, 2010) bei hohen *WF* Verdünnungseffekte auftreten können. Verdünnung und dadurch bedingt oftmals Unterschreitung der Nachweisgrenzen führen letztlich zu einer Unter- oder Fehleinschätzung des Grundwasser- und Bodengefahrenpotentials (in vielen Fällen ist man bei einer Bewertung auf Basis von *WF* 10-Eluat „blind“ für das eigentliche Problem einer mittel-längerfristigen auch deutlichen Grenzwertüberschreitung, siehe Vorträge Susset und Susset & Leuchs, 2008a,b). Ein weiteres Problem sind die (analytischen) Unsicherheiten, die im niedrigen Konzentrationsbereich ansteigen. Schließlich stellen für den Gesetzgeber die sich bei den hohen *WF* von 10 und entsprechend langfristigen Beurteilungszeiträumen (je nach Bauweise mehrere hundert Jahre) einstellenden Konzentrationen im Sickerwasser nicht die bewertungsrelevanten Konzentration dar. Für eine Bewertung im Rahmen der EBV sind sowohl aus rechtlicher als auch aus fachlicher Sicht mittlere und mittelfristige Konzentrationen bei *WF* 2 relevant.

Zur Ermittlung der relevanten Stoffe und deren Konzentrationsverteilungen wurde eine Vielzahl von Proben in *WF* 2-Säulenkurzeluaten nach DIN 19528 untersucht. Die Eluat-basierte Qualität eines Ersatzbaustoffes („Materialqualität“) wurde durch einen Katalog von Grenzkonzentrationen, so genannte „Materialwerte“, für die relevanten Stoffe und Parameter in *WF* 2-Säuleneluaten definiert. Im Falle starker Schwankungen der Materialqualitäten eines Ersatzbaustoffes (verursacht durch eine hohe Variabilität eines Massenstroms, wie z.B. Abbruchmaterial und Bauschutt) wurden verschiedene „Materialklassen“ definiert, indem verschiedene Gruppen von Materialwerten für den gleichen Ersatzbaustoff festgelegt werden (z.B. Materialklasse 1 – 3 für Recyclingbaustoffe). Abschließend wird anhand des Vergleichs der Materialwerte eines bestimmten Ersatzbaustoffes oder ggf. einer bestimmten Materialqualität eines Ersatzbaustoffes mit den Medienschutzbasierten Einbauwerten für die wasserdurchlässigen und teildurchlässigen Einbauweisen entschieden, ob die Verwertung zulässig ist oder nicht („Einbautabellen“).

Umsetzung im ersten Arbeitsentwurf der Ersatzbaustoffverordnung (AE1 EBV)

Das Fachkonzept wird in der Ersatzbaustoffverordnung anhand detaillierter Tabellen umgesetzt. In den „Materialwertetabellen“ sind für jeden Ersatzbaustoff und ggfs. für verschiedene „Materialklassen“ eines Ersatzbaustoffes die Materialwerte für die relevanten Stoffe aufgelistet (Grenzkonzentrationen im *WF* 2 Säulenkurzeluaten nach DIN 19528, vgl. Materialwertetabellen in Anhang 1, AE 1 EBV, BMU, 2007). Die „Einbautabellen“ zeigen für jeden Ersatzbaustoff und ggf. für verschiedene „Materialklassen“ die potenziellen zulässigen Einsatzweisen in technischen Bauwerken (vgl. Einbautabellen, „+/-“-Listen in AE 1 EBV, BMU, 2007). Abweichend vom UBA-Fachkonzept nach Susset & Leuchs (2008) wurden die „Medienschutzbasierten Einbauwerte“ durch das BMU im Nachhinein mit einem Verhältnismäßig-

keitsfaktor von 1,5 multipliziert, während die "Materialwerte" unverändert blieben. Dieser Verhältnismäßigkeits-Faktor wurde durch das BMU als Verordnungsgeber außerhalb des naturwissenschaftlichen Ableitungskonzepts von Grenzwerten nach Susset & Leuchs (2008a, Fachkonzept des Umweltbundesamtes, kurz: UBA-Fachkonzept) und nach Susset, Grathwohl & Maier (Weiterentwicklung des UBA-Fachkonzepts für AE 2 EBV, in Arbeit) zur Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit festgelegt. Aus fachlicher Sicht stellt der Verhältnismäßigkeitsfaktor 1,5 einen Kompromiss aus Nachhaltigkeit, Unsicherheit von Modelleingangsparametern, Modellzuverlässigkeit und der Lebensdauer von Bauwerken dar. Die Unsicherheiten bzw. der Faktor wurden nicht quantitativ abgeleitet. Die Unsicherheiten können jedoch erfahrungsgemäß wesentlich höher liegen, d.h. der Verhältnismäßigkeitsfaktor ist eher konservativ. Die durch den Verhältnismäßigkeitsfaktor erhöhten ME und MW führen für einzelne Bauweisen zu einer positiveren Bewertung als unmittelbar nach UBA-Fachkonzept (z. B. wenn nur ein oder wenige Parameter die zulässigen ME um maximal 50 % überschreiten) aber auch zu Abweichungen von den medienbasierten Anforderungen (Susset, Grathwohl & Maier, in Arbeit stellen hierzu eine medienenschutzbasierte Beurteilung vor). Theoretisch bedeutet dies im Ausnahmefall, dass eine Materialprobe in der Güteüberwachung den um den Faktor 1,5 erhöhten Materialwert im Eluat exakt erreicht, dass zum Beispiel für Salze die Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) in vereinzelt Bauweisen nicht nach 4 Jahren sondern rein rechnerisch in Abhängigkeit des Abklingverhaltens nach ca. 6 – 7 Jahren eingehalten werden bzw. nach 4 Jahren eine Sulfat-Konzentration von ca. 350 mg/L statt 240 mg/L erreicht würde. Für Metalle/Organika würde in diesen Ausnahmefällen und bei vereinzelt Bauweisen der Durchbruch theoretisch nicht nach 200 Jahren, sondern je nach Sorptionsverhalten der Stoffe und Sorptionsqualität der Böden frühestens nach ca. 150 Jahren erfolgen bzw. die Anreicherung das 50 % Filterkapazitätskriterium bis zu 50 % überschreiten (also 75 % der Filterkapazität erreichen). Die genannten Konventionen und Modellrandbedingungen und der Faktor 1,5 waren bereits Grundlage des ersten Arbeitsentwurfs der ErsatzbaustoffV und wurden mit den beteiligten Kreisen intensiv diskutiert. Im Ergebnis des BMU-Fachworkshops zum ersten Arbeitsentwurf der EBV wurden das naturwissenschaftliche Grundkonzept, die Bewertung der MEB in Einbautabellen, die Konventionen und der Faktor des BMU durch die beteiligten Kreise grundsätzlich als Grundlage für den Zweiten Arbeitsentwurf empfohlen. Vor diesem Hintergrund hat das Zentrum für Angewandte Geowissenschaften der Universität Tübingen (ZAG) für den AE 2 EBV das Ableitungskonzept weiterentwickelt und ggf. die MW der MEB an neue Datengrundlagen angepasst.

Bei der Umsetzung in der Ersatzbaustoffverordnung werden drei Szenarien unterschieden: Im ungünstigen Fall, wenn der höchste zu erwartende Grundwasserstand knapp unter der Bauwerksunterkante liegt ($>0,1 - 1$ m), müssen die GFS bzw. Bezugsmaßstäbe im WF 2 -

Säulenkurzeluat unter Berücksichtigung des Verhältnismäßigkeitsfaktors 1,5 direkt eingehalten werden, was den Einsatz von Ersatzbaustoffen mit ungünstigen Materialqualitäten stark einschränkt. Im günstigen Fall, wenn der höchste zu erwartende Grundwasserstand > 1 m unterhalb der Bauwerksunterkante liegt, resultieren aufgrund der Rückhalte- und Abbauprozesse i.d.R. höhere "Medienschutzbasierte Einbauwerte" und deshalb ergeben sich abhängig von den beiden Bodenkategorien erweiterte Einsatzweisen auch von Materialien mit ungünstigerer "Materialqualität" bzw. höheren Materialwerten. Die beiden Bodenkategorien Sand und Lehm/Schluff/Ton können in der Praxis auf der Basis von Bodenkarten oder einfacher Bodenansprachen ohne zusätzlichen Mess- und Untersuchungsaufwand unterschieden werden. Höhere Materialwerte führen zu höheren Verwertungsquoten, da höhere Prozentanteile des Massenstroms diese Materialwerte einhalten können. Zugleich werden aber die zulässigen Einbauweisen mit steigenden Materialwerten zunehmend eingeschränkt. Bei der Festlegung der Materialwerte versucht man die Klassenbildung innerhalb einer Materialklasse dahingehend zu optimieren, dass möglichst große Mengen des Materials in den für einen bestimmten MEB technisch und ökonomisch relevanten Einsatzgebieten eingebaut werden können.

Für die Umsetzung in der ErsatzbaustoffV wird ein Güteüberwachungssystem mit materialspezifischen Untersuchungsprogrammen (Materialwerte, Anzahl der Untersuchungen, Zeitplan und Testmethoden) zur Bestimmung und Zuordnung der "Materialqualität" rechtsverbindlich. Das Güteüberwachungssystem basiert auf einem ausführlichen Säulenversuch nach DIN 19528 (2009) für den Eignungsnachweis (Basischarakterisierung) und der zusätzlichen Fremdüberwachung und auf dem Säulenkurztest bis *WF 2* nach DIN 19528 (2009) für die regelmäßige werkseigene Produktionskontrolle und Fremdüberwachung. Bei Eignungstest und erweiterter Fremdüberwachung wird ein weites Spektrum an Parametern und Stoffen (vgl. Anhang 3, Tabelle 2, AE 1 EBV, BMU, 2007) geprüft. Dagegen werden bei der regelmäßigen Güteüberwachung (werkseigene Produktionskontrolle und regelmäßige Fremdüberwachung) nur die relevanten Schlüsselparameter, die für die verschiedenen Ersatzbaustoffe identifiziert wurden, geprüft (vgl. Materialwertetabellen in Anhang 1, AE 1 EBV). Anhand der Ergebnisse der Güteüberwachung wird untersucht, ob eine Probe mit Materialwerten übereinstimmt und die "Materialqualität" bzw. "Materialklasse" bestimmt.

Jedes technische Bauwerk und die technischen Einbauweisen in den "Einbautabellen" sind gemäß den einschlägigen Technischen Richtlinien des Erd- und Straßenbaus definiert. Die ErsatzbaustoffV fördert die Verwertung von ausgewählten güteüberwachten Ersatzbaustoffen, die die definierten Anforderungen einhalten, indem aufwendige wasserrechtliche Einzelfallgenehmigungen wegfallen.

Tab. 1: Begriffe und Definitionen

Bezeichnungen	Definitionen
“Einbauweisen”	Potenzieller Verwendungszweck eines Ersatzbaustoffes, z.B. Einsatz in nicht-permanenten technischen Bauwerken wie Straßendämme und Bahnkörper, Lärmschutzwälle, Parkplätze, ländliche Wege oder in spezifischen technischen Schichten in technischen Bauwerken wie Schottertragschichten, Frostschutzschichten, Unterbau (Damm). Jeder Einsatzbereich ist durch spezifische mittlere Sickerwasserraten, ggf. Verdünnungsfaktoren, Mächtigkeit und Einbaudichten der Ersatzbaustoffe charakterisiert, die sich mehr oder weniger günstig auf das Freisetzungs- und Transportverhalten der Stoffe auswirken.
“Medienschutzbasierte Einbauwerte”	Der Begriff “medienschutzbasiert” bezieht sich hier auf Boden- und Grundwasserschutz. In Abhängigkeit vom Einsatzbereich (hydraulische Eigenschaften der technischen Schicht) den Stoffeigenschaften und den Sorptionseigenschaften der darunterliegenden Bodenzone (ungünstiger Fall: GW-Abstand > 0, 1 m – 1 m keine Rückhaltung; günstiger Fall Sand /Lehm, Schluff, Ton mehr oder weniger hohe Rückhaltepotentiale) sind für die verschiedenen Einsatzbereiche spezifische maximale Konzentrationen eines Stoffes im Sickerwasser an der Unterkante einer technischen Konstruktion mit Ersatzbaustoffen akzeptabel. Ziel ist der Schutz der Umweltmedien Boden und Grundwasser unter Berücksichtigung der technischen Randbedingungen (Verdünnung, Rückhaltung etc.) und der politischen Konventionen.
“Bodenszenarien”	Für die Modellierung der Medienschutzbasierten Einbauwerte von retardierbaren/abbaubaren Stoffen in den günstigen Szenarien wurden zwei Bodenkategorien unterschieden: Sandböden mit moderatem Rückhalte-/Abbauvermögen und lehmig/schluffig/tonige Böden mit i.d.R. höherem Rückhalte-/Abbauvermögen. Die beiden Bodenszenarien wurden auf der Grundlage einer statistischen Auswertung der charakteristischen Leitbodeneinheiten in Deutschland ausgewertet (BÜK, BGR, 2006). Daraus resultieren Abschätzungen der typischen Mächtigkeit der Bodeneinheiten, Tongehalte, pH-Werte, organische Kohlenstoffgehalte und der hydraulischen Eigenschaften der Böden. Für die Modellierung des Rückhalte- und Abbauvermögens der beiden Standard-Bodenszenarien wurden die 90. Perzentile der Parameterwerte ausgewählt. Dies bedeutet, dass 90 % der sandigen/schluffigen Böden in Deutschland die abgeschätzten Sorptionsqualitäten der beiden Bodenszenarien mindestens einhalten oder übertreffen.
“Bezugsmaßstäbe”	Zielwerte der Modellierungen im Sickerwasser am Ort der Beurteilung sind grundsätzlich die Geringfügigkeitsschwellen. Für einige Schwermetalle (Blei, Cadmium, Nickel, Vanadium und Zink) übersteigen die Konzentrationen in WF 2-Eluaten natürlicher (nicht kontaminierter) Böden die GFS (BGR-Studien, Duijnisveld et al., 2010; Utermann and Fuchs, 2010). Dies wird auf hintergrund- und/oder methodenspezifische Artefakte zurückgeführt (z.B. DOC-Mobilisierung und DOC-gekoppelte Stofffreisetzung in gestörten Proben). Für diese Stoffe werden

	die durch die BGR abgeleiteten Bezugsmaßstäbe als Zielwerte der Modellierung verwendet, da davon ausgegangen werden kann, dass die Konzentrationen der natürlichen Bodenlösungen nicht dazu geeignet sind, eine Grundwassergefährdung hervorzurufen.
“Filterkapazität”	Die Stoffanreicherung im Bodenfeststoff wird über 1 Meter Transportstrecke gemittelt und auf 50 % der Filterkapazität begrenzt. Die Filterkapazität ergibt sich aus dem Bodenvorsorgewert (nach BBodSchV bzw. Hilfswerte nach BGR) abzüglich des Hintergrundwertes eines Stoffes im Boden (90. Perzentile in Sand bzw. in schluffigen Böden nach BGR).
“Materialqualität” und “Materialwerte”	Eluatqualität eines Ersatzbaustoffes, definiert durch Grenzkonzentrationen im <i>WF</i> 2-Säulenkurzeluat nach DIN 19528 für die relevanten Substanzen. Diese so genannten Materialwerte müssen im Rahmen der rechtsverbindlichen Güteüberwachung untersucht werden, um die Probe einer bestimmten Materialqualität bzw. Materialklasse zuzuordnen.
“Materialklasse”	Kategorie der Materialqualität eines Ersatzbaustoffes. Im Falle einer hohen Variabilität der Materialqualitäten (i.d.R. verursacht durch die Heterogenität eines Materialstroms) werden verschiedene Qualitätsklassen unterschieden (z.B. RC 1 bis RC 3 mit verschiedenen Materialwerten).
“Materialwertetabelle”	In der ErsatzbaustoffV sind für jeden Ersatzbaustoff und ggf. für die unterschiedlichen Materialklassen eines Ersatzbaustoffes die Grenzkonzentrationen in <i>WF</i> 2-Säulenkurzeluaten nach DIN 19528) in so genannten Materialwertetabellen aufgelistet.
“Einbautabelle”	In der ErsatzbaustoffV werden für jeden Ersatzbaustoff und ggf. für jede Materialklasse, die potenziellen aus Sicht des Medienschutzes zulässigen Einbauweisen in so genannten Einbautabellen aufgelistet (+/--Bewertung).

Weiterentwicklungen für den zweiten Arbeitsentwurf der Ersatzbaustoffverordnung

Die einführend beschriebenen "politischen" Konventionen (mittlere, mittelfristige Referenzkonzentration bei *WF*2; Beurteilungszeiträume: kurzfristiges Abklingdauer der Salze von 4 Jahren, 200 Jahre Rückhaltung und max. Anreicherung < 50 % Filterkapazität), die Modellrandbedingungen und der Verhältnismäßigkeits-Faktor 1,5 des BMU waren bereits Grundlage des AE1 EBV. Im Ergebnis des 2. Workshops des BMU am 20./21.05.2008 in Dessau wurde das UBA-Fachkonzept nach Susset & Leuchs (2008), die Konventionen, der Verhältnismäßigkeits-Faktor des BMU, die naturwissenschaftliche Grundkonzeption und die Umsetzungen im 1. Arbeitsentwurf der ErsatzbaustoffV anhand der Materialwerte- und Einbautabellen grundsätzlich bestätigt. Wesentliche Kritikpunkte waren jedoch die geringen Erfahrungen mit den neu eingeführten *WF* 2-Säulen- und Schütteleluaten, die noch ausstehende abschließende Normung dieser Verfahren und die teils lückenhaften Datengrundlagen zur Bewertung der Eluatqualitäten von Ersatzbaustoffen zur Ableitung der später in der Güteüberwachung einzuhaltenden so genannten Materialwerte (Grenzkonzentrationen in *WF* 2-Eluaten). Im Zusammenhang mit letzterem Punkt wurde kritisiert, dass eine Folgenabschätzung der Verordnung kaum möglich ist. Weiter wurde die Komplexität der Einbautabellen kritisiert, die für jeden Ersatzbaustoff und ggf. deren Qualitätsklassen, die Zulässigkeit der Verwertung von Ersatzbaustoffen in bestimmten nach den einschlägigen Technischen Regelwerken eindeutig definierten Bauweisen regeln. Allerdings wurde auf direkte Nachfrage des BMU beim genannten BMU-Workshop grundsätzlich zugestimmt, an den Einbautabellen für den AE 2 EBV festzuhalten. In den nachfolgenden Branchengesprächen des BMU mit allen betroffenen Industriebranchen wurde seitens der Vertreter der Fachverbände einhellig befürwortet, an den Einbautabellen grundsätzlich festzuhalten und diese lediglich redaktionell zu überarbeiten (Anpassung der Nomenklatur and die Technischen Regelwerke).

Vor diesem Hintergrund wurden für AE 2 EBV nachfolgend beschriebene Arbeiten durchgeführt. Die Arbeiten hierfür erfolgten im Rahmen des BMU-Aufstockungsprojekts „Weiterentwicklung von Kriterien zur Beurteilung des schadlosen und ordnungsgemäßen Einsatzes mineralischer Sekundärrohstoffe und Prüfung alternativer Wertevorschläge“ mit der FKZ 370774301 am Zentrum für Angewandte Geowissenschaften der Universität Tübingen (Projektleitung Prof. Dr. Grathwohl, wissenschaftliche Projektleitung Dr. Susset; numerische Modellierung: Dr. Maier).

Überarbeitung der Medienschutzbasierten Einbauwerte

Numerische Modellierung der Durchströmung von Straßendammbauweisen und Hinterfüllungen mit neuen Inputparametern (abgeschlossen):

Basierend auf den Ergebnissen einer "Umwelt-Verkehrswege-Arbeitsgruppe Ersatzbaustoffe" (U-VAGE) der Bundesanstalt für Straßenwesen (BaSt), an der die betroffenen Abteilungen des BMVBS (WS, E, B), des BMU und Ländervertreter aus dem Straßen- und Umweltbereich beteiligt waren, überarbeitete die BaSt die Modellannahmen für Straßenbauwerke (vgl. BaSt-Bericht Bürger et al., 2008, geänderte Geometrien, Durchlässigkeiten und Abflussbeiwerte). Nach BaSt steigen die Abflussbeiwerte in der Regel an, was zu niedrigeren entlang der Bauwerksunterkanten gemittelten Sickerwasserraten und erhöhten Verdünnungen führt. Auf dieser Grundlage wurden die Medienschutzbasierten Einbauwerte für die betroffene Straßendammbauweisen: ToB unter gebundener Deckschicht, Hinterfüllungen und Dämme neu modelliert.

In der Konsequenz resultieren aus den neuen numerischen Modellierungen der Straßendämme mit den durch die BaSt vorgeschlagenen geänderten Geometrien, Infiltrationsparametern und Abflussbeiwerten auch bei kombinierter Bewertung von Metallen, Organika und Salzen insgesamt deutlich höhere Medienschutzbasierte Einbauwerte und folglich erweiterte zulässige Einbaumöglichkeiten und höhere Verwertungsquoten für die Mehrzahl der Mineralischen Ersatzbaustoffe. Aufgrund der resultierenden höheren zulässigen Medienschutzbasierten Einbauwerte ist der Einsatz aller Materialien in Schottertragschichten und eine weitgehende Verwertung aller Materialien in Frostschutzschichten möglich.

Neumodellierung von Bahnbauweisen der Deutschen Bundesbahn (abgeschlossen):

Neuaufnahme von vier weiteren DB-Bauweisen in AE 2 EBV. Ableitung von ME für neue Bahnbauweisen und für Herbizide auf der Basis neu bestimmter Sorptionsisothermen des Fraunhofer Instituts Schmallenberg.

Korrektur des Anreicherungskriteriums von Blei (Filterkapazität von Blei) (abgeschlossen):

Der Bodenvorsorgeausschuss (BOVA) der Länderarbeitsgemeinschaft Boden (LABO) hat mit der Stellungnahme der LABO zum ersten Arbeitsentwurf der ErsatzbaustoffV und zum UBA-Fachkonzept (Susset & Leuchs, 2008) folgenden Änderungsbedarf bei den Modellkriterien für den Stoff Blei begründet (Auszug aus LABO-Stellungnahme vom 26.09.2008, abgestimmt auf der 34. Vollversammlung der LABO): „Bei der Quantifizierung der zulässigen Rückhaltung von Blei wird im Falle der Sandböden der Hintergrundwert für norddeutsche glazifluviale Sande (12 mg Pb/kg), im Falle von Lehm der Hintergrundwert für Geschiebelehme in Höhe von 29 mg Pb/kg zugrunde gelegt. Dies führt aufgrund der in die weitere Berechnung einfließenden Differenz von Vorsorgewert und Hintergrundwert zu sehr hohen zu-

lässigen Blei-Einträgen in den rückhaltenden Boden. Deutschlandweit liegen die Hintergrundwerte für Blei in den Unterböden des Ausgangsgesteins Sande allerdings zwischen 12 und 42 mg Pb/kg, im Falle der Bodenart Lehm zwischen 26 und 59 mg Pb/kg. Daher wird aus fachlicher Sicht empfohlen, substratgemittelte Hintergrundwerte für Blei bei Sanden in Höhe von 30 mg Pb/kg zu verwenden. Dies hat auch zur Konsequenz, dass die zulässigen Blei-Einträge reduziert werden.“

Das BMU hat daraufhin dem ZAG Tübingen empfohlen, abweichend vom ersten Arbeitsentwurf der ErsatzbaustoffV die maximale Filterkapazität von Blei entsprechend dem Vorschlag des Bodenvorsorgeausschusses der Länderarbeitsgemeinschaft Boden anzupassen: Die Hintergrundwerte für Sand und Lehm/Schluff wurden von 12 mg/kg auf 30 mg/kg bzw. von 29 mg/kg auf 43 mg/kg angehoben. Dadurch verringern sich die für die theoretische „Auffüllung“ zur Verfügung stehende Filterkapazität und die zulässigen Medienschutzbasierten Einbauwerte für Blei.

Bezugsmaßstäbe:

Durch die BGR wurden jüngst zusätzlich 879 Ober- und Unterbodenproben von 296 unbelasteten Monitoringstandorten in Deutschland in *WF 2* –Eluaten untersucht (Utermann & Fuchs, 2010). Hiermit sollten die bisher für AE 1 EBV statistisch aus *WF 5*-Eluaten abgeleiteten Bezugsmaßstäbe nochmals in *WF 2*-Eluaten überprüft und ggf. korrigiert werden und hintergrund- sowie methodenspezifische Prüfwerte für die Novelle der BBodSchV abgeleitet werden. Grundlage der Auswertungen ist die Hypothese, dass Böden, die diese methodenspezifischen Hintergrundwerte (HGW) im *WF 2*-Eluat unterschreiten, natürliche Böden sind, die in ihrer derzeitigen Stoffausstattung in der Fläche keine Gefährdung für das Grundwasser darstellen.

Änderungen der Bezugsmaßstäbe wurden in den Modellierungen für die ErsatzbaustoffV berücksichtigt und führen ggf. zu geänderten Medienschutzbasierten Einbauwerten und damit ggf. zu Neubewertungen der Materialwerte und der zulässigen Einbauweisen. I.d.R. resultieren aus der neuen Studie der BGR erhöhte Bezugsmaßstäbe, und damit erhöhte zulässige Materialwerte für Ersatzbaustoffe.

Neuableitung/Anpassung von Materialwerten und Materialklassen

Bewertung und Neuaufnahme von Kupferhüttenschlacken und Braunkohleflugaschen in AE 2 EBV **(abgeschlossen)**:

Neuableitung von Materialwerten für Kupferhüttenschlacken und Braunkohleflugaschen auf der Grundlage der durch die Industriebranchen zur Verfügung gestellten Messdaten in ausführlichen Säulenversuchen und *WF2*-Säulenkurzeluaten nach DIN 19528.

Auswertung neuer Datengrundlagen zur Anpassung von Materialwerten für alle Ersatzbaustoff der ErsatzbaustoffV (abgeschlossen):

Dankenswerterweise haben viele Verbände, das FEhS - Institut für Baustoff-Forschung (FEhS-Institut) und die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) für die Mehrzahl der Ersatzbaustoffe neue Datengrundlagen in *WF 2*-Säulenkurzeluaten und ausführlichen Säulentests nach DIN 19528 und in *WF 2*-Schüttelueluaten nach DIN 19529 erhoben. Wie Abbildung 3 in Anhang 1 verdeutlicht, liegen für AE 2 EBV beispielsweise für die RC-Baustoffe Untersuchungsdaten für 290 Proben statt wie bisher für AE 1 EBV 50 Proben vor.

Für die relevanten Stoffe der Ersatzbaustoffe wurden an die neuen Datengrundlagen angepasste Materialwerte im Säulenkurzeluat bis *WF 2* abgeleitet. Diese ergeben sich entweder direkt aus den Medienschutzbasierten Einbauwerten für eine bestimmte Einbaukonstellation oder aus den materialspezifischen Belastungen (statistisch einhaltbare Konzentrationen in *WF2*-Säulenkurzeluaten). Die Differenzierung von Materialwertekategorien innerhalb gleicher Materialklassen ist nur bei solchen Ersatzbaustoffen sinnvoll, die eine große Streuung aufweisen und bei denen eine Trennung von verschiedenen Materialqualitäten möglich ist, die in der Praxis in relevanter Menge hergestellt werden können (Verwertungsquote). Zielsetzung bei der Materialwerteableitung ist es, in Übereinstimmung mit dem medienschutzbasierten Ableitungskonzept und unter Berücksichtigung des "BMU-Faktors 1,5" bei den Medienschutzbasierten Einbauwerten (ME) und bei den Materialwerten, Materialklassen zu bilden, welche einerseits möglichst viele zulässige Einsatzmöglichkeiten und andererseits möglichst hohe Verwertungsquoten aufweisen. Gegenüber dem AE 1 EBV ergeben sich deutlich erhöhte Materialwerte in den einzelnen Klassen und folglich deutlich erhöhte Verwertungsquoten bei gleich bleibenden oder teilweise sogar deutlich verbesserten Einsatzmöglichkeiten. Dies wird wie folgt begründet:

1.) Die Materialwerte wurden für AE 2 EBV an die mit dem BMU-Faktor 1,5 korrigierten Medienschutzbasierten Einbauwerte für bestimmte Einbaukonstellationen angepasst. Dies ist eine logische Konsequenz aus der Anwendung des Faktors für die Medienschutzbasierten Einbauwerte nach AE 1 EBV. Der Medienschutz ist, sofern man den BMU-Faktors 1,5 wie in AE 1 EBV für die medienschutzbasierten Einbauwerte akzeptiert, stets gewährleistet (die ME werden immer eingehalten); die Verwertungsquoten können zu Gunsten der "besseren Klasse" verschoben werden. Beispiel: Der Materialwert von Kupfer eines Ersatzbaustoffes wäre 50 µg/L, der Medienschutzbasierte Einbauwert nach Susset & Leuchs (2008) in der limitierenden Bauweise wäre 40 µg/L, so dass damit ein "-" in der Einbautabelle resultiert. Für AE 1 EBV wurde der ME nachträglich durch das BMU mit 1,5 multipliziert. Es resultiert ein Wert von 60 µg/L und damit abweichend vom Fachkonzept ein "+"- Zeichen in der Einbauliste. Der

Materialwert von 50 µg/L wurde jedoch nicht geändert. In AE 2 EBV würde für dieses Beispiel der Materialwert an den ME von 60 µg/L angepasst, also Erhöhung von 50 µg/L auf 60 µg/L.

2.) Die Neumodellierungen der Straßendammbauweisen nach neuen Grundlagen der BaSt führen grundsätzlich zu höheren Medienschutzbasierten Einbauwerten und damit zu höheren zulässigen Materialwerten und Verwertungsquoten, die bei der Materialwerteableitung für den AE 2 EBV berücksichtigt wurden.

3.) Die Materialwerte wurden in AE 2 EBV in erster Linie an den limitierenden Medienschutzbasierten Einbauwerten der mit einer bestimmten Materialklasse verbundene Einbauweisen orientiert. Diese ME markieren die maximal zulässigen *WF* 2-Eluatkonzentrationen für bestimmte Einbaukonstellationen. Für den AE 1 EBV wurden die Materialwerte dagegen i.d.R. statistisch abgeleitet, wobei die Datengrundlage möglicherweise nicht hinreichend repräsentativ war. Daraus resultierten zwar statistisch gut einhaltbare Materialwerte, diese sind jedoch oft niedriger als die nach dem Ableitungskonzept zulässigen Medienschutzbasierten Einbauwerte. Diese Vorgehensweise würde zu einer - auch aus Sicht des Medienschutzes - unnötigen Einschränkung der Verwertungsquoten führen. Nun liegen deutlich verbesserte Datengrundlagen vor, die im AE 2 EBV berücksichtigt wurden.

Die Materialwerte stellen folglich i.d.R. Maximalwerte dar, die unmittelbar nach dem weiterentwickelten UBA-Fachkonzept unter Berücksichtigung des BMU-Faktors zulässig sind und den Medienschutz gewährleisten. Höhere Materialwerte sind unmittelbar nach UBA-Fachkonzept nicht zulässig, ohne die Einsatzmöglichkeiten (Anhang 2-2 EBV) weiter einzuschränken.

Datenauswertungen bezüglich der Umweltmerkmale von Ersatzbaustoffen für Rechtsfolgenabschätzung (abgeschlossen)

Basierend auf der nun vorhandenen, deutlich verbesserten Datengrundlage, wurden per Perzentil-Rückrechnung die einhaltbaren Konzentrationen bzw. der Materialwerte der Einzelstoffe bestimmt, um die limitierenden Stoffe zu identifizieren. Abschließend wurden für die vorhandene Datenbasis, die Verwertungsquoten eines Ersatzbaustoffes oder der verschiedenen Qualitätsklassen abgeschätzt, indem jeweils die einhaltbaren Perzentile von Materialwertekombinationen entsprechend eines Güteüberwachungsverfahrens berechnet wurden. Die Verwertungsquoten können unter der Annahme einer Repräsentativität des Datensatzes für die in der Praxis produzierten Qualitäten als Grundlage für eine Rechtsfolgenabschätzung bezüglich der umweltrelevanten Merkmale herangezogen werden. Die auf diese Weise abgeschätzten Verwertungsquoten sind konservativ einzuschätzen, da Überschreitungsregelungen in der Güteüberwachung, die derzeit noch vom BMU für den AE 2 der EBV erarbeitet

werden, hier nicht mitberücksichtigt werden konnten. In der Praxis sind deshalb noch deutlich höhere Verwertungsquoten möglich.

Es ist allerdings zu betonen, dass diese Abschätzung der Verwertungsquoten allein in Bezug auf die umweltrelevanten Merkmale erfolgt. Es kann also abgeschätzt werden, wie viel Prozent der Proben aus Sicht des Boden- und Grundwasserschutzes in bestimmten Einbauweisen zulässig wären. Für die tatsächliche zukünftige Lenkung der Stoffströme ist eine Betrachtung der technischen Machbarkeit bestimmter Einbauweisen und der Marktpotentiale notwendig. Letztere ist sehr schwierig, da sich die Marktpotentiale bei Einführung eines bundeseinheitlichen gesetzlichen Regelwerks ändern können.

Anpassung der Einbautabellen an neue Materialwerte und ggf. Materialklassen, Bewertungsvorschläge für geschlossenen Bauweisen, redaktionelle Überarbeitung (abgeschlossen)

Anpassung „+/-“ Einbautabellen: Die Bewertung der zulässigen Einbaumöglichkeiten in den unmittelbar nach Fachkonzept bewerteten wasserdurch- und teildurchlässigen Bauweisen wurden an die neuen Materialwertekategorien angepasst.

Redaktionelle Überarbeitung der Einbautabellen: Die Einbautabellen wurden redaktionell überarbeitet (Einführung laufender Nummern, Anpassung der Bezeichnungen der Einbauweisen an die Definitionen in Anlehnung an RuA-StB (E 2004)). Tabelle 1 im Anhang zeigt die Matrix der Einbautabelle für AE 2 EBV.

Vorschläge für die Bewertung geschlossener Einbauweisen (Gegenüberstellung LAGA-Eckpunkte, 2004, RuA E 2004 und Susset & Leuchs, 2008).

Nachweislich geschlossene (wasserundurchlässige) oder teilwasserdurchlässige Bauweisen (hier sind - im Sinne der RuA-StB - hydraulisch- oder bitumengebundene Tragschichten gemeint) können nicht unmittelbar nach dem fachlichen Konzept von Susset & Leuchs (2008a) bewertet werden, da wissenschaftliche Kriterien fehlen. Die Bewertungen nach Susset & Leuchs (2008a) für den AE 1 EBV basieren deshalb auf einer relativen Zuordnung der Materialien zu den unmittelbar nach Fachkonzept bewerteten wasserdurchlässigen Bauweisen und abgestuft in Abhängigkeit des Gefährdungspotentials. Sie sind grundsätzlich diskutabel. Im Auftrag des VO-Gebers wurden weitere Entscheidungsgrundlagen für die Bewertung der Zulässigkeiten von MEB in geschlossenen (siehe Anhang 2-2, laufende EBV-Nummern 1 bis 7, 10 und 14) und teilwasserdurchlässigen Einbauweisen (siehe Anhang 2-2, laufende EBV-Nummern 8 und 9) erarbeitet. Hierzu wurden Analogieschlüsse zu den Bewertungen der geschlossenen und teilwasserdurchlässigen Bauweisen nach LAGA-Eckpunktepapier (2004) und nach RuA-StB (Entwurf 2004) durchgeführt und den Bewertungen von Susset & Leuchs (2008) gegenübergestellt. Die Grundsatzentscheidung zur Bewertung der geschlossenen

Bauweisen wird durch den VO-Geber getroffen und ist nicht Gegenstand des wissenschaftlichen Ableitungskonzepts. Bei Übernahme der Bewertungen nach LAGA und/oder RuA-StB können sich Abweichungen zu den Bewertungen im AE 1 EBV nach Susset & Leuchs (2008a) ergeben.

Normung und Validierung, Praxistauglichkeit sowie Prüfauftrag zur Untersuchung der Vergleichbarkeit der Untersuchungsmethoden DIN 19528 und DIN 19529 bzw. Vergleichbarkeit der Ergebnisse

Normung und Validierung, Praxiserfahrungen (abgeschlossen): Die Normung und Validierung des Säulenversuchs und des Schüttelversuchs wurden erfolgreich abgeschlossen. Die Normen DIN 19528 und DIN 19529 wurden im Januar 2009 unter www.beuth.de veröffentlicht. Sowohl für den Säulenversuch als auch für den WF 2-Schütteltest liegen zwischenzeitlich fundierte Praxiserfahrungen vor: Neben den 25 Teilnehmer-Laboratorien der Ringversuche haben zahlreiche Vertragslaboratorien der Industrieverbände neue Datengrundlagen nach DIN 19528 und DIN 19529 erhoben und intensive Erfahrung mit den neuen Normen gesammelt. Noch vor der Sommerpause ist ein Anwenderseminar am Deutschen Institut für Normung geplant, um die Erfahrungen auszutauschen. Bei Bedarf werden Anwenderempfehlungen formuliert und in Praxisseminaren vermittelt. Beide Normen sind somit durchaus in der Praxis eingeführt.

Vergleichbarkeit der Untersuchungsmethoden (abgeschlossen): Die prozessbasierte Bewertung der Vergleichbarkeit von Verfahren ist abgeschlossen und international "peer-reviewed" veröffentlicht, (Grathwohl & Susset, 2009, Waste Management). Aus prozessbasierten Gründen sind theoretische Abweichungen bis i.d.R. ca. 50 % zwischen WF 2-Schütteltests und WF 2-Säulenversuchen zu erwarten.

Vergleichbarkeit der Ergebnisse (in Arbeit): Statistische Auswertung der Vergleichsuntersuchungen WF2-Säulenkurzeluat/WF2-Schütteluat und Prüfung einer gleichwertigen Anwendbarkeit für die Güteüberwachung. Der Säulenversuch nach DIN 19528 ist Referenzmethode für das Ableitungskonzept. Anhand des statistischen Vergleichs der Ergebnisse von Vergleichsdatensätzen soll geprüft werden, ob DIN 19529 (Schüttelverfahren) innerhalb der zulässigen Überschreitungen zur gleichen Bewertung eines Ersatzbaustoffes im Rahmen einer Güteüberwachung führt. Eine gleichwertige Einführung beider Verfahren in AE 2 EBV ist nur möglich, wenn gleiche Materialwertetabellen zu Grunde liegen können. Diese Arbeiten können erst abgeschlossen werden, wenn alle Materialwerte und die zulässigen Überschreitungen in der Güteüberwachung festgelegt sind.

Güteüberwachung (abgeschlossen)

Ein Beraterkreis "Güteüberwachung – EBV" mit Vertretern aus Verwaltung, Wissenschaft, Industrieverbänden und Praxis (Baustoffprüfer, Verwertungsbetrieb) hat einen auf der Fachebene diskutierten Vorschlag zur Konzeption, Untersuchungsumfang, Turnus und Überschreitungsregelungen erarbeitet.

Validierung des AE 2 EBV für RC-Baustoffe anhand von Praxisdatensätzen mit DIN 19528 und DIN 19529 aus zwei aufeinanderfolgenden Fremdüberwachungen

Die Bundesvereinigung Recyclingbaustoffe (BRB), ISTE und QRB haben die Mitglieder gebeten zwei laufende Fremdüberwachungen von RC-Baustoffen auch mit den neuen Normen durchzuführen. Die Vergleichsdatensätze aus Fremdüberwachungen (mit DIN 19528 und DIN 19529) werden für die Validierung der bisherigen Abschätzungen, ggf. für eine abschließende Anpassung der Materialwerte und Einbautabellen und für die Rechtsfolgenabschätzung eingesetzt.

Es liegen seit wenigen Tagen folgende Datensätze vor, die für den 13. RC-Tag des ISTE ausgewertet wurden und erstmalig in aller Vollständigkeit präsentiert werden können:

BRB II-NRW, 2009: 44 Proben aus 2 aufeinanderfolgenden Fremdüberwachungen in NRW (Herbst und Winter, 2009)

BRB II- Norddeutschland und Hessen: 11 RC-Proben aus Fremdüberwachungen in 2009

ISTE/QRB: 28 RC-Proben aus Fremdüberwachungen im Frühjahr 2010

Anhang

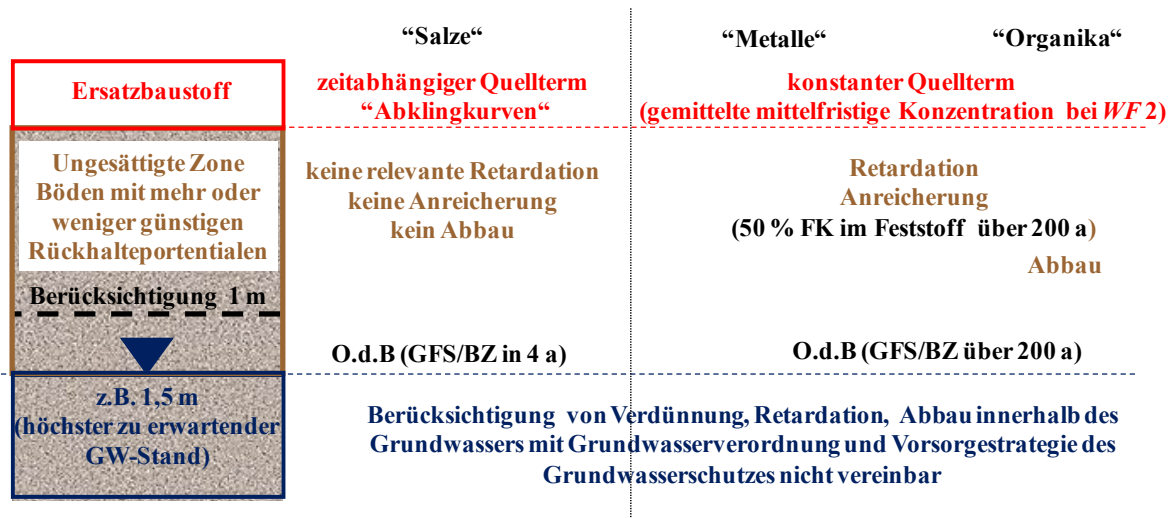


Abb. 1: Randbedingungen und politische Konventionen zur Ableitung von Medienschutzbasierten Einbauwerten und Materialwerten für Ersatzbaustoffe in der Ersatzbaustoffverordnung. Politische Konventionen basieren auf einer Betrachtung des Abklingens der Konzentrationen von nicht retardierbaren leicht löslichen Substanzen wie Chlorid und Sulfat unter die Geringfügigkeitsschwellen innerhalb von 4 Jahren (links) und der Rückhaltung, Abbau und Anreicherung von retardierbaren Substanzen (Metalle, Organika) über einen Beurteilungszeitraum von 200 Jahren innerhalb einer 1 Meter mächtigen ungesättigten Bodenzone (kann berücksichtigt werden, wenn der höchste zu erwartende Grundwasserstand mehr als 1 Meter unterhalb der Bauwerksunterkante liegt). Die Geringfügigkeitsschwellen (GFS) bzw. Bezugsmaßstäbe (BZ) dienen als Zielkonzentrationen im Sickerwasser am Ort der Beurteilung (O.d.B, Übergangszone zwischen ungesättigter und gesättigter Zone). Zielkonzentration im Feststoff (Boden) unterhalb des Ersatzbaustoffes ist die Konzentration aus dem 50 % Filterkapazitätskriterium (FK).

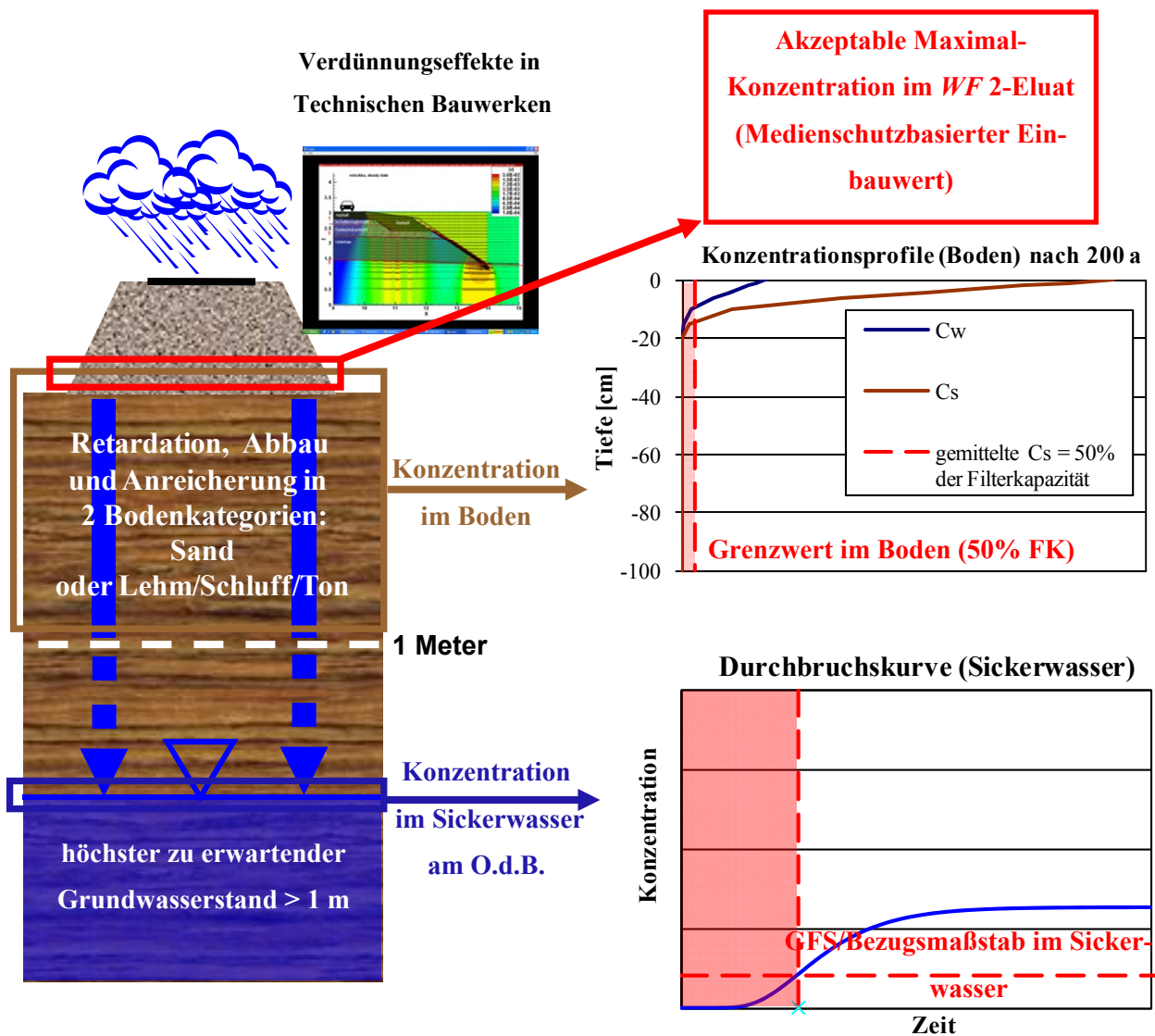


Abb. 2: Ableitungskonzept für Medienschutzbasierte Einbauwerte von Metallen und Organika für verschiedene Einbauweisen von Ersatzbaustoffen in Technischen Bauwerken, unter Berücksichtigung der Retardation und des Abbaus von Metallen und Organika sowie der Anreicherung in einer 1 Meter mächtigen Bodenzone. Ggf. werden Verdünnungseffekte innerhalb der Technischen Bauwerke bei der Ableitung von Medienschutzbasierten Einbauwerten berücksichtigt, indem die akzeptable Maximalkonzentration mit entsprechenden Verdünnungsfaktoren multipliziert wird. C_s : Feststoffgehalt, C_w : Konzentration im Sickerwasser.

Tab. 1: Matrix der Einbautabelle (neu) in AE 2 der EBV

Einbauweise		Ersatzbaustoff:					
		Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht					
		außerhalb von Wasserschutzgebieten		innerhalb von schutzgebieten		Wasser- vorrang- gebiete	
		ungünstig	Sand	günstig Lehm/Schluff/Ton	WSG III A HSG III		günstig WSG III B HSG IV 5
		1	2	3	4	5	6
1	Decke bitumen- oder hydraulisch gebunden						
2	Tragschicht bitumengebunden						
3	Unterbau unter Fundament- oder Bodenplatten						
4	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht						
5	Bodenverfestigung unter gebundener Deckschicht						
6	Verfüllung von Leitungsgräben unter gebundener Deckschicht						
7	Verfüllung von Baugruben unter gebundener Deckschicht						
8	Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflaster oder unter Plattenbelägen						
9	Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster oder unter Plattenbelägen						
10	Bettung unter Pflaster oder unter Platten jeweils mit wasserundurchlässiger Fugenabdichtung						
11a	Schottertragschicht (ToB) unter gebundener Deckschicht						
11b	Frostschuttschicht (ToB) unter gebundener Deckschicht						
12	Bodenverbesserung unter gebundener Deckschicht						
13	Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Deckschicht						
14	Dämme oder Wälle gemäß Bauweisen A-F nach MTSE sowie Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich in analoger Bauweise						
15	Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelägen						
16	Deckschicht ohne Bindemittel						

- 17 ToB und Bodenverbesserung sowie Bodenverfestigung unter Deckschicht ohne Bindemittel oder unter Plattenbelägen
- 18 ToB und Bodenverbesserung sowie Bodenverfestigung unter Pflaster
- 19 Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel oder unter Plattenbelägen
- 20 Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster
- 21 Verfüllung von Leitungsgräben unter Deckschicht ohne Bindemittel oder unter Plattenbelägen
- 22 Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster
- 23 Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel oder unter Plattenbelägen
- 24 Verfüllung von Baugruben unter Pflaster
- 25 Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden
- 26 Dämme im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden
- 27 Schutzwälle unter kulturfähigem Boden

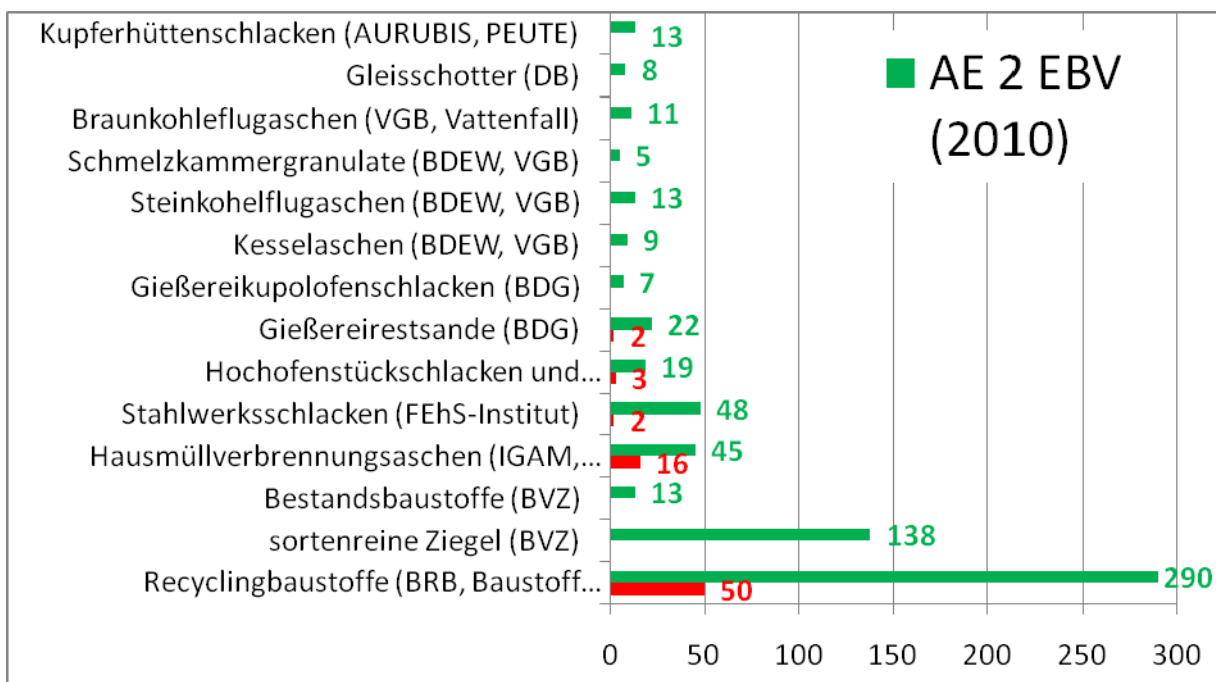


Abb. 3: Messdaten der Industriebranchen (Stand Januar 2010): Vergleich der Datengrundlagen in WF 2-Säulenkurzeluaten nach DIN 19528 und teilweise WF 2-Schüttelueluaten für AE 1 EBV (rot) versus AE2 EBV (grün).

Literatur

- BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) (2006):** Nutzungsdifferenzierte Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK 1000 N2.3). Auszugskarten Acker, Grünland, Wald; (Land-use stratified soil map of Germany at a scale of 1:1.000.000 (BÜK 1000 N2.3). thematic maps cropland, pasture, forest; in German) Digit. Archiv FISBo BGR; Hannover and Berlin, Germany.
- BMU (2007):** 1. Arbeitsentwurf über eine Verordnung zur Regelung des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 13.11.2007. (First Draft of the Federal Decree for the Regulation of the Use of Alternative Building Materials in Technical Constructions and for the Amendment of the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance, in German). http://www.avocado-law.com/fileadmin/avocado-law.de/downloads/Arbeitsentwurf_und_Begrueendung_Artikelverordnung_13_11_07.pdf
- Bürger, M., Kocher, B., Marks, T., Hillmann, R. (2008):** Arbeitsentwurf der Ersatzbaustoffverordnung: Modellannahmen für Straßenbauwerke. Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen (BaSt) im Rahmen der „Umwelt-Verkehrswege-Arbeitsgruppe Ersatzbaustoffe“ (U-VAGE), Bergisch-Gladbach, Juli 2008.
- DIN 19528: 2009-01:** Elution von Feststoffen – Perkulationsverfahren zur gemeinsamen Untersuchung des Elutionsverhaltens von organischen und anorganischen Stoffen für Materialien mit einer Korngröße bis 32 mm – Grundlegende Charakterisierung mit einem ausführlichen Säulenversuch und Übereinstimmungsuntersuchung mit einem Säulenschnelltest (Leaching of solid materials – percolation method for the joint examination of the leaching behavior of organic and inorganic substances for materials with a particle size up to 32 mm – Basic characterization using an extensive column test and compliance test using a short-term column test). German Standardisation Organisation, <http://www.beuth.de/langanzeige/DIN+19528/de/0FAE9C3A1EE3F224C14B7D1ABAEF745E.3/104285985.html>
- DIN 19529: 2009:** Elution von Feststoffen - Schüttelverfahren zur Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorganischen Stoffen mit einem Wasser/Feststoff-Verhältnis von 2 l/kg. Ausgabe 01/2009, Beuth Verlag, Berlin, http://www.beuth.de/cn/d29ya2Zsb3duYW1lPWV4YUJhc2ljU2VhcmNoJnJlZj10cGwtc3VjaGUmbGFuZ3VhZ2VpZD1kZQ**.html
- Duijnisveld, W.H.M., Godbersen, L., Dilling, J., Gäbler, H.-E., Utermann, J., Klump, G. (2010):** Hintergrundkonzentrationen von Spurenelementen in der Grundwasserneubildung in Norddeutschland. (Background concentrations of trace elements in

groundwater recharge in Northern Germany; Report in German in preparation).
www.bgr.bund.de

Grathwohl, P., Susset, B. (2009): Comparison of percolation to batch and sequential leaching tests: theory and data. Waste Management 29, 2681–2688.

LAGA, 2004b: Eckpunkte www.laga-online.de

RuA-StB, 2001 bzw. E (2004): Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau, FGSV-Nr. 642, www.fgsv-verlag.de, E 2004: unveröffentlichter Entwurf vom 28.08.2004

Susset, B., Grathwohl, P. (im Druck): Leaching standards for mineral recycling materials – A harmonized regulatory concept for the upcoming German Recycling Decree. Waste Management (2010), doi:10.1016/j.wasman.2010.08.017

Susset, B., Maier, U., Grathwohl, P. (2010) (in Arbeit): Weiterentwicklung von Kriterien zur Beurteilung des schadlosen und ordnungsgemäßen Einsatzes mineralischer Sekundärrohstoffe und Prüfung alternativer Wertevorschläge, Zwischenbericht zum BMU-Aufstockungsprojekt mit der FKZ 370774301, Durchführung am Zentrum für Angewandte Geowissenschaften der Universität Tübingen (Projektleitung Prof. Dr. Grathwohl, wissenschaftliche Projektleitung Dr. Susset; numerische Modellierung: Dr. Maier)

Susset, B., Leuchs, W. (2008): Umsetzung der Ergebnisse des BMBF-Verbundes Sickerwasserprognose in konkrete Vorschläge zur Harmonisierung von Methoden - Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe (Förderkennzeichen UFOPLAN 20574251). (Transfer of results of the joint research BMBF-project „Sickerwasserprognose“ into concrete proposals for the harmonization of methods -Derivation of leaching standards and recycling possibilities of mineral waste materials (Grant UFOPLAN 20574251); in German) Final Report, North Rhine Westphalian State Office for Nature, Environment and Consumer Protection (LANUV NRW), Recklinghausen, Germany. <http://www.umweltbundesamt.de/abfall-wirtschaft/publikationen/ersatzstoffe.pdf>

Utermann, J., Fuchs, M. (2010): Hintergrundkonzentrationen für Spurenelemente in der Bodenlösung auf der Basis eines wässrigen Eluates bei einem Wasser-Feststoffverhältnis von 2:1 (DIN 19529), (Background concentrations for trace elements in the soil solution on the basis of an aqueous eluate at a liquid- to solid-ratio of 2:1 (DIN 19529); in German) Report in preparation, www.bgr.bund.de

Utermann, J., Meyenburg, G., Altfelder, S., Gäbler, H., K., Duijnsveld, W., Bahr, A. Streck, T. (2005): Entwicklung eines Verfahrens zur Quantifizierung von Stoffkonzentrationen im Sickerwasser auf der Grundlage chemischer und physikalischer

Pedotransferfunktionen (Förderkennzeichen 02WP0206). (Development of a procedure to quantify concentrations of substances in percolating soil water making use of chemical and physical pedotransfer functions (Grant 02WP0206; in German) Final Report, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, Germany. <http://opac.tib.uni-hannover.de/DB=1/SET=16/TTL=1/SHW?FRST=3>

Das Konzept der „Einmischungszone“ im Rahmen der bodenschutzrechtlichen Gefahrenbeurteilung des Pfades

Boden – Grundwasser

Bernhard Engeser

1. Veranlassung

Mit der Inkraftsetzung der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) im Juli 1999 wurden erstmalig bundesweit einheitliche Regeln für die Untersuchung und Bewertung von Altlasten und altlastverdächtigen Flächen festgelegt. Zur Bewertung der Gefahren für das Grundwasser hat die BBodSchV das Instrument der Sickerwasserprognose eingeführt. Mit der Sickerwasserprognose soll abgeschätzt werden, ob die Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser am sogenannten Ort der Beurteilung (OdB) die im Anhang 2 der BBodSchV festgelegten Prüfwerte überschreiten. Als Ort der Beurteilung wird der Übergangsbereich von der ungesättigten in die gesättigte Zone bezeichnet. Im Rahmen der Sickerwasserprognose können somit die Rückhalte- und Abbauprozesse in der ungesättigten Zone bei der Bewertung berücksichtigt werden. Im Falle einer Überschreitung des Prüfwertes am OdB liegt nach BBodSchV der hinreichende Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast vor und die zuständige Behörde kann im Rahmen einer Detailuntersuchung (DU) eine abschließende Gefährdungsabschätzung zu Lasten des Pflichtigen anordnen. Dabei ist zu klären, ob aus einem Eintrag von Sickerwasser, dessen Schadstoffkonzentration die Prüfwerte überschreitet, eine Verunreinigung des Grundwassers resultiert.

Die Bewertung, ob eine Grundwasserverunreinigung vorliegt, erfolgt nach wasserrechtlichen Maßstäben und wird durch die sogenannten Geringfügigkeitsschwellen (GFS) bestimmt. Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat 2004 neue Geringfügigkeitsschwellen veröffentlicht [1], die insbesondere für viele Schwermetalle deutlich niedriger als die geltenden Prüfwerte der BBodSchV sind (Abb. 1). Damit stimmen am Ort der Beurteilung, der Schnittstelle von Bodenschutzrecht und Wasserrecht die Bewertungsmaßstäbe derzeit nicht überein. Die notwendige Harmonisierung ist im Rahmen der laufenden Novellierung der BBodSchV vorgesehen. Da bei einer Übernahme der deutlich niedrigeren GFS als neue Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser eine Zunahme von Verdachtsflächen mit zusätzlichem Untersuchungsaufwand zu erwarten ist, hat die Länderarbeitsgemeinschaft Boden (LABO) dem zuständigen Bundesumweltministerium empfohlen, die Harmonisierung durch eine Anwendungsregel [2] zu flankieren. Kernstück dieser Anwendungsregel ist die Berücksichtigung des Einmischprozesses von Sickerwasser in das Grundwasser.

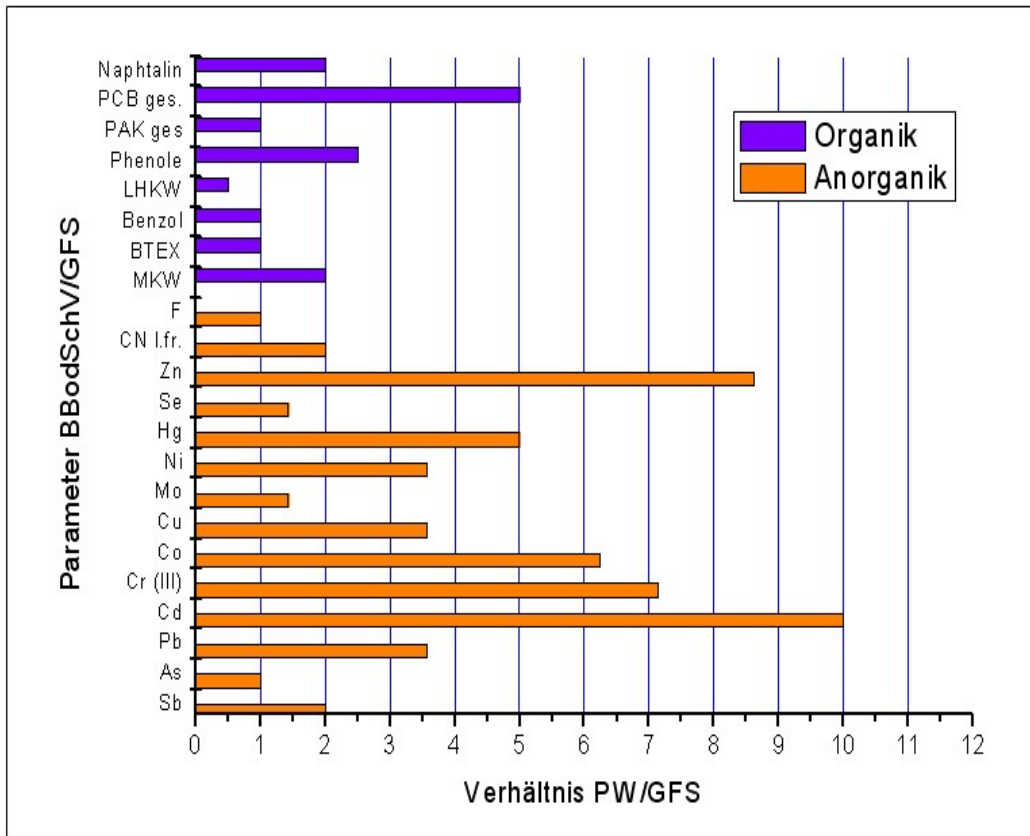


Abb. 1: Vergleich von Prüfwerten und GFS

2. Fachliche Grundlagen der Anwendungsregel

Nach § 4 (3) BBodSchV ist der Ort der Beurteilung für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser der Übergangsbereich von der ungesättigten in die gesättigte Zone. Hinweise für eine fachliche Konkretisierung des Übergangsbereiches gibt die BBodSchV nicht. Während sich in der Realität beim Übertritt von Sickerwasser in das Grundwasser eine Mischzone mit einer kontinuierlichen Konzentrationsminderung (Abb. 2a) aufgrund advektiver, dispersiver und diffusiver Vermischungsprozesse einstellt, die sich vom Kapillarsaum bis in den obersten Bereich unterhalb der Grundwasseroberfläche erstreckt, geht die BBodSchV von einem sprunghaften Übergang (Abb. 2b) am Ort der Beurteilung von der Stoffkonzentration des Sickerwassers auf die Konzentration des nicht verunreinigten Grundwassers aus. Konzeptuell entspricht dies der ideal-fiktiven Vorstellung, dass das Sickerwasser am Ort der Beurteilung unverdünnt zu Grundwasser wird.

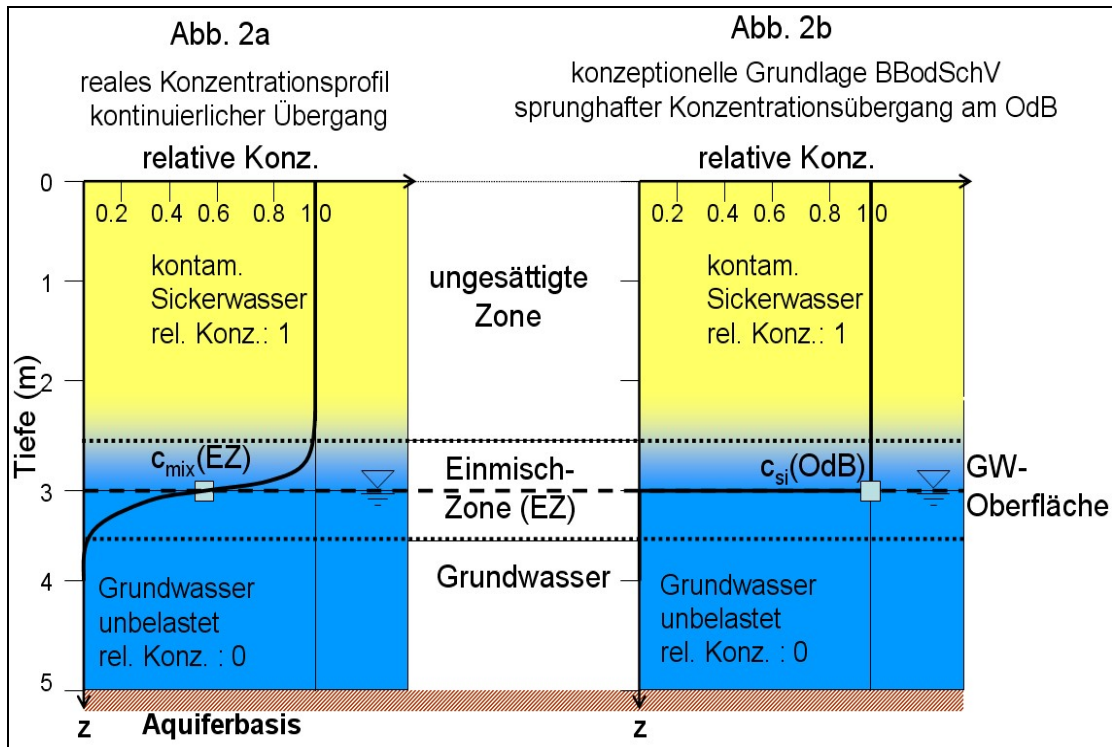


Abb. 2: Konzentrationsprofil bei der Einmischung von Sickerwasser in das Grundwasser

Grundsätzlich stehen für eine fachliche Beschreibung des Einmischprozesses mehrere Ansätze [3] zur Verfügung. Aufgrund der relativ einfachen Handhabung und des konservativen Charakters der Ergebnisse wurde für die Anwendungsregel der LABO das sogenannte „Rührkessel-Modell“ (Abb. 3) als konzeptionelle Grundlage für die Berechnungen zur Berücksichtigung des Einmischprozesses verwendet.

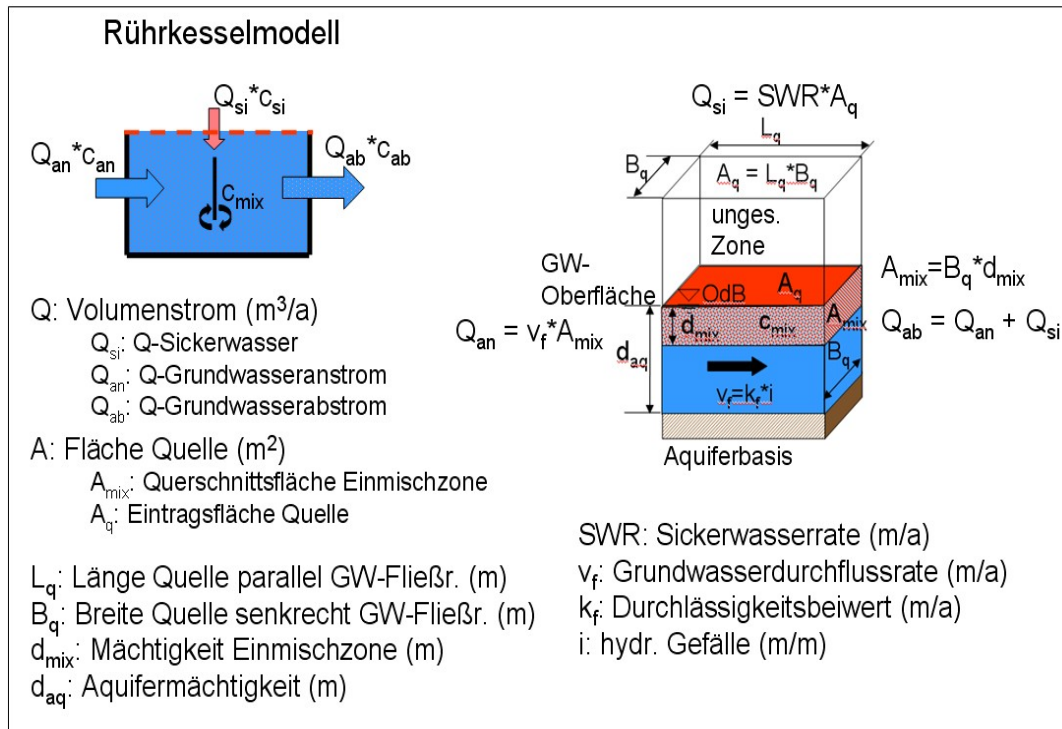


Abb. 3: Konzeptionelles Modell zur Beschreibung des Einmischprozesses

Grundlage der Modellvorstellung ist die Annahme einer Einmischzone mit einer festgelegten Mächtigkeit d_{mix} , in der sich analog zu einem idealen Rührkessel eine komplette Vermischung des eintretenden Sickerwassers mit dem durchströmenden Grundwasser einstellt. Mit den getroffenen Annahmen:

- vollständige Vermischung ($c_{ab} = c_{mix}$)
- Anstrom unbelastet ($c_{an} = 0$)
- stationäres Fließgleichgewicht ($Q_{ab} = Q_{an} + Q_{si}$)
- konstante Mächtigkeit der Einmischzone (Festlegung auf 1 m)

kann auf der Grundlage einer Massenbilanz die Mischkonzentration c_{mix} in der Einmischzone in Abhängigkeit der relevanten Eingangsparameter berechnet werden. Das als Einmischfaktor EF bezeichnete Verhältnis von c_{si}/c_{mix} charakterisiert die resultierende Konzentrationsminderung durch Verdünnung beim Einmischvorgang. Aus der Massenbilanz ergibt sich die Formel:

$$EF = 1 + v_f * d_{mix} / (SWR * L_q)$$

Unter Heranziehung der GFS als wasserrechtlicher Bewertungsmaßstab kann für den Ausschluss einer Grundwasserverunreinigung die Bedingung aufgestellt werden:

$$c_{mix} < GFS \quad \square \quad c_{si} < GFS \cdot EF$$

Daraus folgt, dass bei Berücksichtigung des Einmischvorganges die Konzentration des Sickerwassers um den Faktor EF über der GFS liegen kann, ohne dass eine Überschreitung der GFS in der Einmischzone eintritt.

Die Höhe des Einmischfaktors ist bei festgelegtem Wert für die Mächtigkeit der Einmischzone abhängig von der Länge der Quelle L_q parallel zur Grundwasserfließrichtung, der Grundwasserdurchflussrate v_f (Filtergeschwindigkeit) und der Sickerwasserrate SWR (Abb. 4)

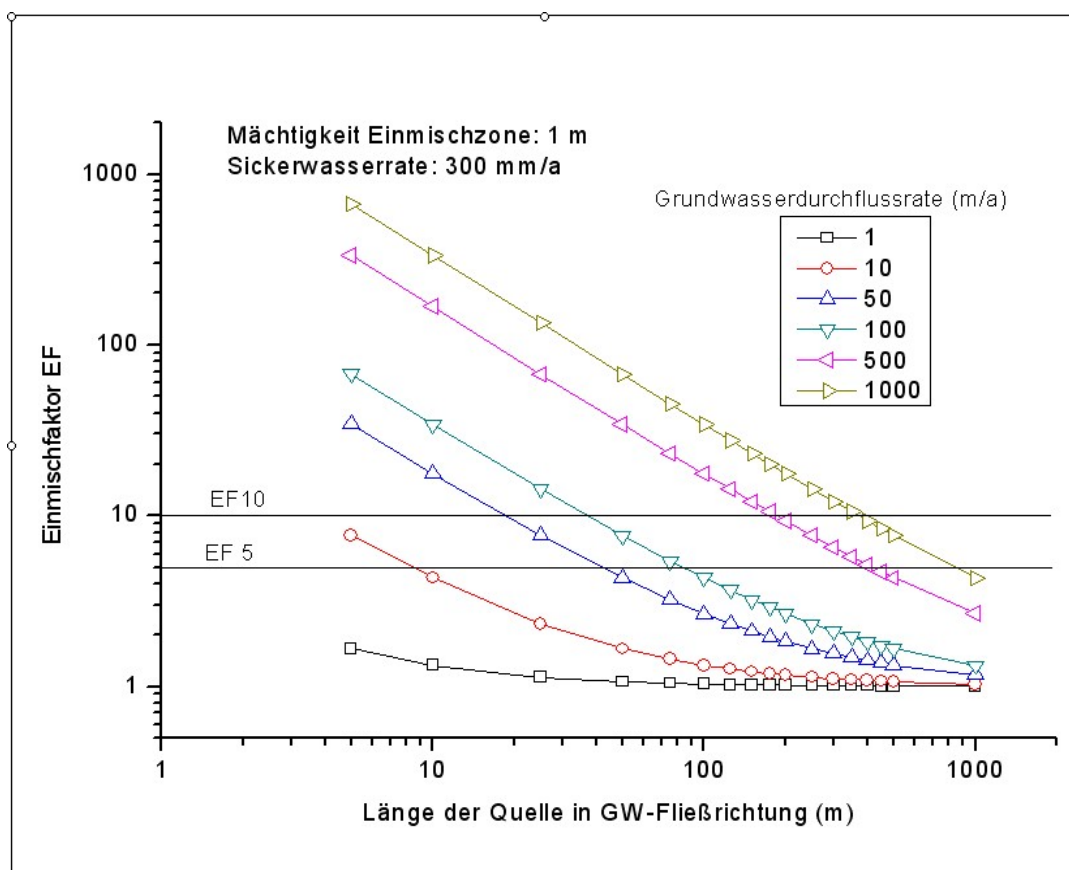


Abb. 4: Einmischfaktor in Abhängigkeit von der Länge der Quelle und der Grundwasserdurchflussrate

Aus Abb. 4 wird deutlich, dass relevante Einmischfaktoren bei durchschnittlichen Sickerwasserraten von 300 mm/a nur erreichbar sind bei begrenzter Länge der Quelle und ausreichend hoher Grundwasserdurchflussrate. Eine statistische Auswertung der Variationsbreite der Einflussparameter für Altlaststandorte in den Ländern hat ergeben, dass für einen Großteil der Fälle Einmischfaktoren erwartet werden können, die im Bereich von 5 - 10 liegen. Der exakte Wert des Einmischfaktors muss allerdings standortspezifisch ermittelt werden und ist nur für den Einzelfall gültig.

3. Der Gebrauch der Anwendungsregel in der Praxis

Die Anwendungsregel zur Berücksichtigung des Einmischprozesses kann problemlos in den etablierten bodenschutzrechtlichen Untersuchungs- und Bewertungsablauf integriert werden (Abb. 5). Die Anwendung in der Praxis erfolgt in 3 Schritten (Abb. 6). Zunächst ist mit einer konventionellen Sickerwasserprognose die Schadstoffkonzentration c_{si} am OdB abzuschätzen.

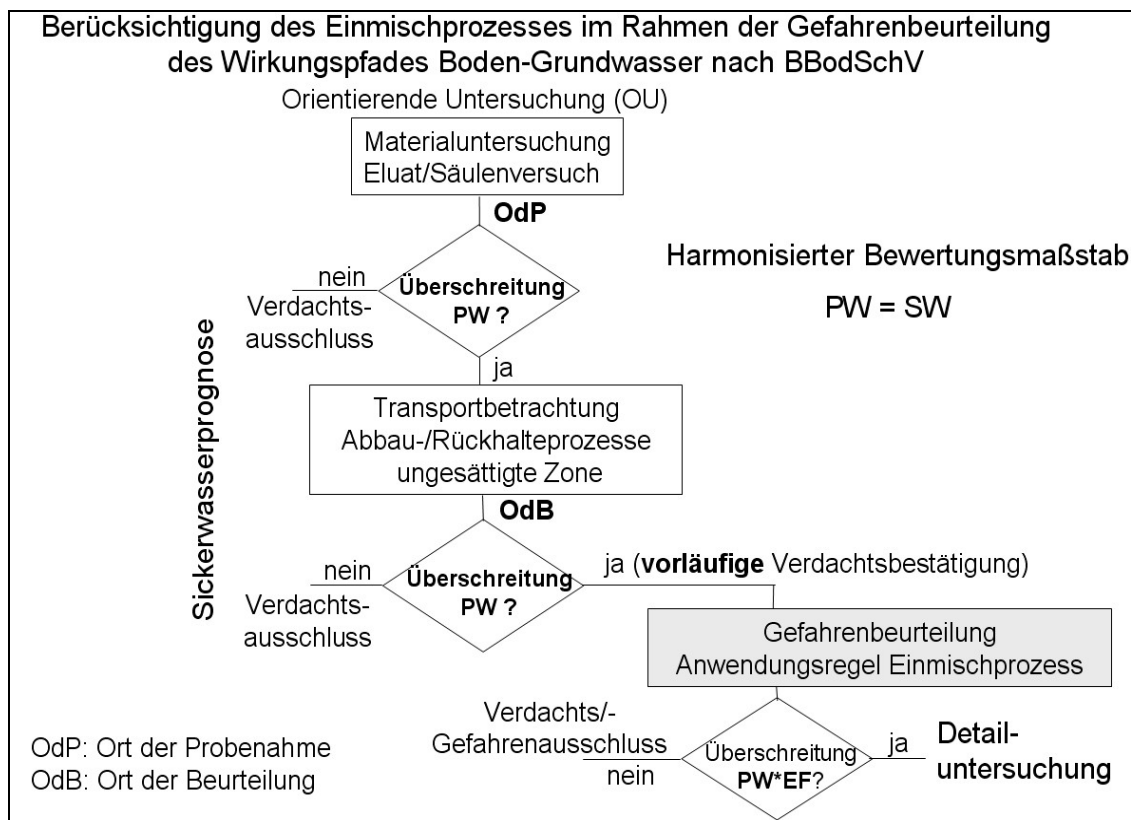


Abb. 5: Berücksichtigung des Einmischprozesses auf der Ebene der Orientierenden Untersuchung

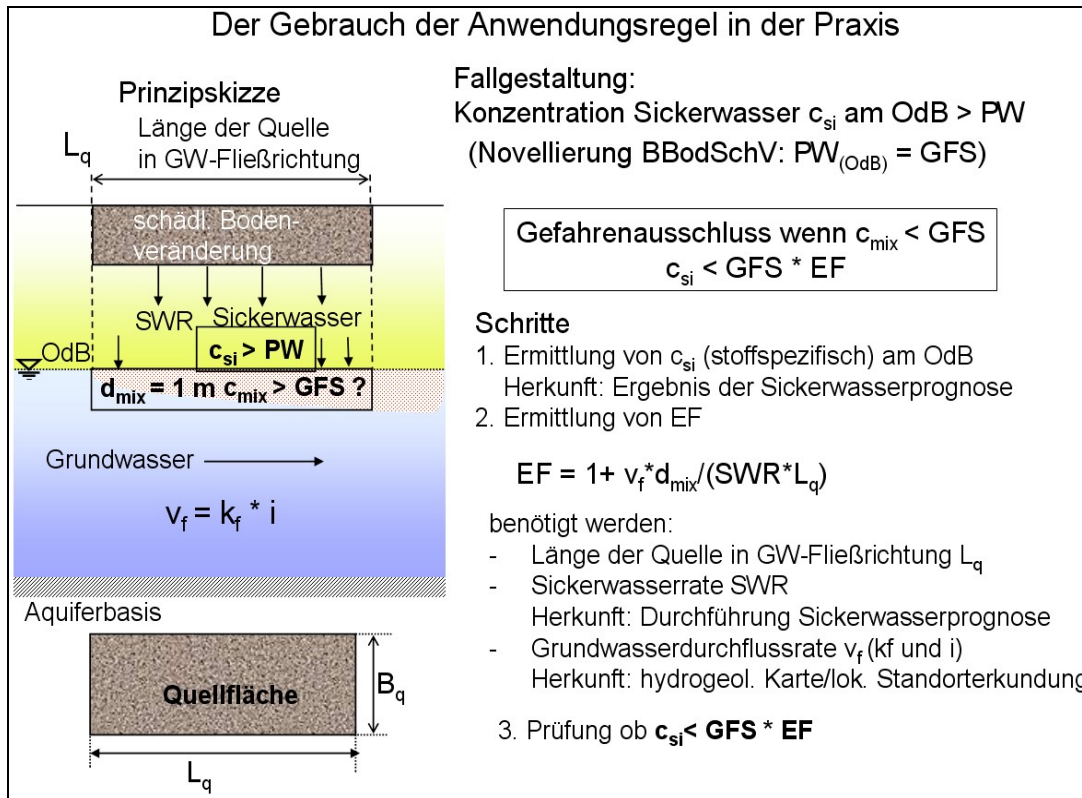


Abb. 6: Schritte beim Gebrauch der Anwendungsregel in der Praxis

Im zweiten Schritt ist der standortspezifische Einmischfaktor EF zu ermitteln. Dabei sind neben den bereits für die Sickerwasserprognose erforderlichen Parametern als zusätzliche Informationen nur die hydraulischen Eigenschaften des obersten Grundwasserleiters (Durchlässigkeit k_f und hydraulisches Gefälle i) notwendig. Im dritten Schritt erfolgt dann der Vergleich der für den OdB abgeschätzten Sickerwasserkonzentration mit dem Produkt aus Einmischfaktor und Geringfügigkeitsschwelle ($EF * GFS$).

Die Berücksichtigung des Einmischprozesses führt bei Vorgabe eines zu erreichenden Einmischfaktors automatisch zu einer Begrenzung der zulässigen Fracht. Bei Annahme einer quadratischen Eintragsfläche kann die maximale Fracht nach folgender Formel berechnet werden:

$$E_{max} = (v_f^2 * d_{mix}^2) / (SWR * GFS * EF * (EF - 1)^2) \quad \text{mit } d_{mix} = 1 \text{ m}$$

4. Fazit

Durch die Berücksichtigung des Einmischprozesses von Sickerwasser in das Grundwasser kann eine konsistente Harmonisierung von bodenschutzrechtlichen und wasserrechtlichen Bewertungsmaßstäben bei der Gefahrenbeurteilung des Wirkungspfad Boden-Grundwasser erreicht werden, ohne dass eine wesentliche Zunahme der Verdachtsflächen

befürchtet werden muss. Dabei handelt es sich um eine beschränkte Inanspruchnahme der Verdünnung, wie sie in der Realität im Bereich der Grundwasseroberfläche durch Vermischung des Sickerwassers mit dem anströmenden Grundwasser unvermeidlich eintritt. Anstelle einer ideal-fiktiven Vorstellung, dass das Sickerwasser am OdB unverdünnt zu Grundwasser wird, schafft die Anwendungsregel die Voraussetzung, neben der Konzentration auch die Fracht als Bewertungskriterium zu berücksichtigen. Damit wird die Möglichkeit eröffnet, Bagatellfälle bereits auf der Ebene der Orientierenden Untersuchung (OU) auszuscheiden und die Ressourcen auf die wichtigen Fälle zu konzentrieren.

5. Literatur

- [1] **LAWA (2004):** Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser
- [2] **Engeser, B. (2009):** Vorschlag für eine weiterentwickelte Anwendungsregel zur Berücksichtigung des Einmischprozesses von Sickerwasser in das Grundwasser bei der Bewertung von Ergebnissen aus der Sickerwasserprognose nach BBodSchV
- [3] **US-EPA (1996):** Soil Screening Guidance, EPA-Document Nr. EPA/540/R-95/128, Part 2: Development of Pathway Specific Soil Screening Levels